



Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής τ.ε.

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Καταγραφή του περιβάλλοντος μιας εικονικής τάξης»

Πανταζής Κων. Κυριάκος

Επιβλέπων Καθηγητής:

Τριανταφύλλου Βασίλειος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Αντίρριο,/..../2016

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1.

2.

3.

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφή του σχεδιασμού και της υλοποίησης ενός ολοκληρωμένου Εικονικού Περιβάλλοντος Μάθησης το οποίο προορίζεται να προάγει το μοντέλο της Συνεργατικής Μάθησης από Απόσταση. Το περιβάλλον αυτό ονομάζεται Εκπαιδευτικό Εικονικό Περιβάλλον και είναι ένα Εικονικό Περιβάλλον Μάθησης που βασίζεται στην χρήση δικτυακών περιβαλλόντων εικονικής πραγματικότητας.

Πιο συγκεκριμένα, το προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Εικονικό Περιβάλλον, υλοποιείται με χρήση του Παγκόσμιου Ιστού Πληροφοριών, δικτύων δεδομένων πολυμέσων και Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

Βασικό κίνητρο της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας είναι τα ερευνητικά αποτελέσματα των θεωριών μάθησης, όπως αυτά τροφοδοτούν, αλλά και ανατροφοδοτούνται, από τις ραγδαίες εξελίξεις στον χώρο των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών και κυρίως της τεχνολογίας Εικονικής Πραγματικότητας.

Στον τομέα της εκπαίδευσης παρατηρείται μια σημαντική αλλαγή στον τρόπο της διδασκαλίας έτσι ώστε αυτή να βασίζεται στην προώθηση μαθησιακών συζητήσεων και την μοντελοποίηση της πρακτικής των ειδικών. Η εφαρμογή των μοντέλων της συνεργατικής μάθησης για την ικανοποίηση της παραπάνω διαμορφούμενης τάσης έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους, όπως συζητείται και δείχνεται στην παρούσα εργασία. Στην περίπτωση εφαρμογής συνεργατικής μάθησης με την χρήση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών μιλάμε συνήθως για συνεργατική μάθηση από απόσταση.

Θεμελιώδη λοιπόν ζητήματα τα οποία απαντώνται στην παρούσα εργασία είναι η επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών για την υποστήριξη συνεργατικής μάθησης από απόσταση καθώς και ο καθορισμός μοντέλων για την εφαρμογή συνεργατικής μάθησης από απόσταση.

Όπως δείχνεται στην παρούσα εργασία τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα υπερέχουν έναντι των υπόλοιπων τεχνολογιών για την υποστήριξη συνεργατικής μάθησης από απόσταση καθώς έχουν εξαιρετικά χρήσιμα χαρακτηριστικά για την υποβοήθηση συνεργατικής μάθησης από απόσταση. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η διάκριση του "χώρου" και του "τόπου", οι πολλαπλές προοπτικές και η χρησιμοποίηση avatars.

Ωστόσο, οι σημερινές πλατφόρμες Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων σπάνια υποστηρίζουν πολυχρηστικές εκπαιδευτικές εφαρμογές και κατ' επέκταση σενάρια συνεργατικής μάθησης από απόσταση. Οι σημερινές πλατφόρμες Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων δεν εκμεταλλεύονται πλήρως τα "θεωρητικά" πλεονεκτήματα των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων για την παροχή συνεργατικής μάθησης από απόσταση όντας προσανατολισμένες στην κίνηση των avatars και την επικοινωνία μέσω κειμένου. Χαρακτηριστικά όπως η μεταφορά εκπαιδευτικού υλικού, πίνακας παρουσιάσεων, κλπ. δεν ενσωματώνονται ή είναι αρκετά δύσκολο να ενσωματωθούν σε μια πλατφόρμα Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Επίσης, ελάχιστες πλατφόρμες υποστηρίζουν διαφορετικούς ρόλους χρηστών και δικαιώματα πρόσβασης, κάτι το οποίο είναι απαραίτητο για την παροχή σεναρίων συνεργατικής μάθησης από απόσταση. Γενικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι

το μεγαλύτερο μέρος των υπαρχόντων συστημάτων και αρχιτεκτονικών διαμοιραζόμενων εικονικών περιβαλλόντων είναι προσανατολισμένο στην υποστήριξη των μεγάλης κλίμακας Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων και των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων γενικού σκοπού, αφήνοντας ένα μεγάλο κενό στα εικονικά περιβάλλοντα που στοχεύουν στην παροχή εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.

Αυτό οδήγησε στον ορισμό των Εκπαιδευτικών Εικονικών Περιβαλλόντων τα οποία βασίζονται στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα αλλά είναι προσανατολισμένα στην συνεργατική μάθηση από απόσταση, καθώς και στο σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας πλατφόρμας κατάλληλης για την υποστήριξη Εικονικών Εκπαιδευτικών Περιβαλλόντων. Η πλατφόρμα αυτή, η οποία ονομάζεται Conference Room, παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, παραθέτοντας αναλυτικά την αρχιτεκτονική της, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιεί, τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίησή της, καθώς και σημαντικά και εξαιρετικά ελκυστικά, από ερευνητικής άποψης, τεχνικά ζητήματα

Πρακτικά, η ανάπτυξη ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος απαιτεί μια δύσκολη ισορροπία μεταξύ διάφορων παραγόντων και χαρακτηριστικών όπως το εύρος ζώνης δικτύου, η ανομοιομορφία, η κατανεμημένη αλληλεπίδραση, η διαχείριση πόρων σε πραγματικό χρόνο, η διαχείριση αστοχίας, και η επεκτασιμότητα. Επιπλέον η πλατφόρμα Conference Room σχεδιάστηκε δίνοντας έμφαση σε χαρακτηριστικά όπως είναι η μετατροπή ενός απλού τρισδιάστατου χωροταξικού μοντέλου σε τόπο συνεργατικής μάθησης ενσωματώνοντας στο τρισδιάστατο περιβάλλον (ή πλαισιώνοντας το με) επιπλέον λειτουργικότητες όπως: η υποστήριξη αλληλεπίδρασης τόσο μεταξύ των χρηστών (με κείμενο, ήχο χειρονομίες των avatars, φουσαλίδες κειμένου, διαμοίραση δεδομένων και εφαρμογών) όσο και μεταξύ χρηστών και συστήματος (δυνατότητα πλοήγησης, δυναμική δημιουργία αντικειμένων, επίδραση πάνω σε τρισδιάστατα αντικείμενα, δέσμευση/αποδέσμευση αντικειμένων), η σταθερότητα στην λειτουργία του συστήματος με στόχο την εξασφάλιση ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών, η εξασφάλιση της συνοχής του χώρου δίνοντας στους χρήστες την ψευδαίσθηση ότι συνυπάρχουν στον ίδιο εικονικό χώρο, η διαχείριση ομάδων χρηστών με διαφορετικά δικαιώματα και λειτουργικότητες και η διαχείριση υπο-τμημάτων για διαχωρισμό των χρηστών σε γειτονικούς εικονικούς χώρους, έτσι ώστε να υποστηρίζονται συγκεκριμένα σενάρια συνεργατικής μάθησης από απόσταση.

Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας Conference Room βασίζεται σε ένα υβριδικό πολύ-επεξεργαστικό μοντέλο επικοινωνίας, όπου κάθε εξυπηρετητής εξυπηρετεί μια συγκεκριμένη λειτουργία ή υπηρεσία. Η βασική ιδέα είναι ο διαχωρισμός των υπηρεσιών και όχι των χρηστών ή των εικονικών κόσμων που συνθέτουν το εικονικό περιβάλλον. Για την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της αρχιτεκτονικής σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε το πρωτόκολλο pLVE.

Οι τεχνολογίες στις οποίες βασίστηκε η ανάπτυξη της πλατφόρμας Conference Room είναι οι VRML, Java και VRML-EAI. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η VRML δεν υποστηρίζει την δημιουργία πολυχρηστικών εικονικών κόσμων σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με ένας μηχανισμός διαμοίρασης των VRML δεδομένων που αποτελεί επέκταση του VRML-EAI. Βασικά χαρακτηριστικά του μηχανισμού αυτού είναι η εύκολη τροποποίηση ενός μονοχρηστικού VRML εικονικού κόσμου σε πολυχρηστικό, καθώς επίσης και η διατήρηση της συμβατότητας με τα πρότυπα VRML και VRML-EAI(External Authoring Interface).

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	3
Περιεχόμενα.....	5
Κατάλογος συντομογραφιών και συμβόλων	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ.....	11
Ορισμός – Γενικά Χαρακτηριστικά.....	11
1.1Κατηγορίες εικονικών περιβαλλόντων	12
1.2Συνεργατική Μάθηση.....	13
1.2.1Αναγκαιότητα εφαρμογής της Συνεργατικής Μάθησης.....	13
1.2.2Πεδία Εφαρμογής της Συνεργατικής Μάθησης.....	16
1.2.3Η Συνεργαστική Μάθηση στην Ανώτερη εκπαίδευση.....	16
1.2.4Παράμετροι μοντέλου για Συνεργατική Μάθηση από απόσταση	17
1.3Λειτουργικότητες και Απαιτήσεις Εικονικών Περιβαλλόντων Μάθησης.....	19
1.3.1Μηχανές γραφικών και οθόνες.....	20
1.3.2Συσκευές ελέγχου και επικοινωνίας	21
1.3.3 Επεξεργαστές.....	22
1.3.4 Ένα δίκτυο δεδομένων	22
1.4 Απαιτήσεις δικτυακών εικονικών περιβαλλόντων	23
1.4.1Εύρος ζώνης δικτύου.....	24
1.4.2Ανομοιομορφία	25
1.4.3Κατανεμημένη αλληλεπίδραση	26
1.4.4Σχεδιασμός συστήματος διαχείρισης πόρων σε πραγματικό χρόνο	27
1.4.5Διαχείριση αστοχίας.....	27
1.4.6Επεκτασιμότητα	29
1.4.7Ανάπτυξη – Ρύθμιση	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	31
2.1.1Ορισμός	32
2.1.2Απαιτήσεις - Λειτουργικότητες	32
2.2Σαφής σχεδιασμός του πληροφοριακού χώρου.....	33
2.3Κατάλληλος χώρος επικοινωνίας.....	34

2.4Πλήρης αναπαράσταση του χώρου	34
2.5Ενεργητική συμμετοχή των χρηστών	35
2.5.1Υποστήριξη τηλε-εκπαίδευσης και παραδοσιακής εκπαίδευσης	35
2.5.2Ενσωμάτωση ετερογενών τεχνολογιών και διαφορετικών εκπαιδευτικών προσεγγίσεων.....	36
2.5.3Ομοιότητες των ΕΕΠ με τα φυσικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.....	37
2.5.4Τεχνικές και σενάρια μάθησης	37
2.5.5Χρήση παραδοσιακών εκπαιδευτικών τεχνικών στην εκπαίδευση από απόσταση	38
2.6Παρουσίαση Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων	40
2.6.1Adobe Atmosphere	41
2.6.2Active Worlds	42
2.6.3Blaxxun	42
2.6.4DIVE	43
2.6.5BrickNet	44
2.6.6NPSNET	44
2.6.7DVS	45
2.6.8MASSIVE I, II & III	47
2.7Εισαγωγή στο SECOND LIFE.....	48
2.7.1Η Εκπαίδευση στο SECOND LIFE	49
2.7.2Βιβλιοθήκες και Μουσεία στο SECOND LIFE.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ/ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ.....	55
3.1ΕΙΣΑΓΩΓΗ	55
3.2ΓΛΩΣΣΑ VRML (Virtual Reality Modelling Language)	55
3.2.1Parallelgraphics Multiuser Server.....	56
3.3.1SENSE8 Product Line.....	60
3.3.2WorldToolKit	60
3.3.5SmallTool	61
3.3.6SPLINE.....	62
3.3.7DeepMatrix.....	63
Σύνοψη	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:Χ3D(eXtensible 3D)	65
4.1Εισαγωγή	65
4.1.1Από την VRML Στο Χ3D.....	65

4.1.2 Ιστορική Αναδρομή	65
4.1.3 Περιγραφή και Πλεονεκτήματα Χ3D.....	65
4.1.4 Scene Authoring Interface (SAI)	70
4.2 Υλοποίηση	70
4.2.1 Τεχνολογία	70
4.2.2 Υλοποίηση	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ	72
5.1 Η πλατφόρμα Conference Room	72
5.1.1 Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά	72
5.1.2 Αναπαράσταση των χρηστών.....	72
5.1.3 Επεκτασιμότητα	74
5.2 Αρχιτεκτονικές Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων	74
5.3 Παράδειγμα μετατροπής ενός μονοχρηστικού VRML εικονικού κόσμου σε πολυχρηστικό με χρήση της πλατφόρμας Conference Room	75
5.3.1 Κόμβοι ειδικού σκοπού: text, chair και routeCreator	78
5.4 Η εικονική αίθουσα διδασκαλίας	82
5.4.1 Σχεδιασμός του περιβάλλοντος	82
5.4.2 Διαμοίραση του κόσμου	85
Βιβλιογραφία.....	87
Διαδικτυακοί τόποι	95
Δημοσιεύσεις	96

Κατάλογος συντομογραφιών και συμβόλων

Ακρόνυμο	Επεξήγηση
3D	Three (3) Dimensional
API	Application Programming Interface
CAD	Computer Aided Design
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
CAVERN	CAVE Research Network
CL	Collaborative Learning
CeL	Collaborative e-learning
C_SCL	Computer Supported Collaborative Learning
CPU	Computer Processing Unit
CVE	Collaborative Virtual Environment
DIS	Distributed Interactive Simulation
DIVE	Distributed Interactive Virtual Environment
DVE	Distributed Virtual Environment
dVS	Distributed Virtual Environment System
EAI	External Authoring Interface

Ακρώνυμο	Επεξήγηση
E-Mail	Electronic Mail
EVE	Educational Virtual Environment
FTP	File Transfer Protocol
Gbps	Giga bits per seconds
HMD	Head-Mounted Display
IP	Internet Protocol
ISTP	Interactive Sharing Transfer Protocol
ISP	Internet Service Provider
LAN	Local Area Network
LoD	Level of Detail
LVE	Learning Virtual Environment
LW	Living Worlds
MASSIVE	Model, Architecture and System for Spatial Interaction in Virtual Environments
Mbps	Mega bits per seconds
MUD	Multi-User Dungeons
MDVE	Multi-user Distributed Virtual Environment
NICE	Narrative Immersive Constructionist/Collaborative Environment
NPSNET	Naval Postgraduate School Network
NVE	Networked Virtual Environment
PC	Personal Computer
PG	Parallel Graphics
pLVE	protocol for Learning Virtual Environments
RBL	Resource Based Learning
SDK	Software Development Kit

Ακρώνυμο	Επεξήγηση
SGI	Silicon Graphics, Inc
SICS	Swedish Institute of Computer Science
SPLINE	Scalable Platform for Large Interactive Environments
SVE	Shared Virtual Environments
TCP	Transmission Control Protocol
URL	Uniform Resource Locator
UDP	User Datagram Protocol
VE	Virtual Environment
VLE	Virtual Learning Environments
VLNET	Virtual Life Network
VR	Virtual Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language
VRTP	Virtual Reality Transport Protocol
WAN	Wide Area Network
WWW	World Wide Web
X3D	eXtensible 3D

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Ορισμός – Γενικά Χαρακτηριστικά

Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον (Networked Virtual Environment) είναι ένα σύστημα στο οποίο πολλοί χρήστες, απομακρυσμένοι ή μη, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί τον υπολογιστή του ή κάποιο άλλο τερματικό εξοπλισμό ο οποίος του προσφέρει την απαραίτητη δυνατότητα να προσπελάσει το υλικό ενός Εικονικού Περιβάλλοντος (Virtual Environment). Τα περιβάλλοντα αυτά προσφέρουν στους χρήστες μια αίσθηση ρεαλισμού ενσωματώνοντας τρισδιάστατα γραφικά (3 Dimensional Graphics – 3D) και στερεοφωνικό ήχο. Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον διακρίνεται από τα παρακάτω γενικά χαρακτηριστικά:

- **Διαμοίραση του χώρου:** όλοι οι συμμετέχοντες έχουν την αίσθηση ότι μοιράζονται τον ίδιο χώρο, σαν να βρίσκονται στο ίδιο δωμάτιο ή κτίριο. Αυτός ο διαμοιραζόμενος χώρος αναπαριστά μια κοινή τοποθεσία όπου μπορούν να συμβούν διάφορες επιδράσεις μεταξύ των χρηστών. Η τοποθεσία μπορεί να είναι ιδεατή ή πραγματική. Ο διαμοιραζόμενος χώρος παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά σε όλους τους χρήστες, ενώ αν και δεν απαιτείται να αναπαρίσταται με γραφικά, τα πιο αποτελεσματικά εικονικά περιβάλλοντα παρέχουν τρισδιάστατη γραφική αναπαράσταση του διαμοιραζόμενου χώρου.
- **Διαμοίραση της παρουσίας:** κατά την είσοδο του χρήστη στον διαμοιραζόμενο χώρο, κάθε συμμετέχων αντιπροσωπεύεται από ένα εικονικό αντικείμενο, που συνήθως έχει ανθρωποειδή μορφή, το οποίο ονομάζεται Avatar. Όπως αναφερθήκαμε προηγούμενος, ένα Avatar δεν απαιτείται πάντοτε να έχει μια ανθρώπινη μορφή. Μπορεί να είναι ένα ζώο, ένα φυτό, ή οποιοδήποτε άλλο εικονικό αντικείμενο. Κάθε συμμετέχων κατά την είσοδό του στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μπορεί να δει τα Avatars των υπόλοιπων συμμετεχόντων που βρίσκονται στον διαμοιραζόμενο χώρο και ταυτοχρόνως οι άλλοι συμμετέχοντες μπορούν να δουν το Avatar του νέου χρήστη. Ομοίως όταν ένας χρήστης αποχωρεί από ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον οι υπόλοιποι συμμετέχοντες μπορούν ενημερώνονται για την αποχώρησή του. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι δεν απαιτείται όλοι οι συμμετέχοντες στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον να αναπαριστούν ένα φυσικό πρόσωπο. Οι συμμετέχοντες σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μπορεί να είναι σύνθετες οντότητες η οποίες ελέγχονται από μοντέλα εξομοίωσης που κατευθύνονται από γεγονότα (event-driven simulating models) ή ακόμη μηχανές που βασίζονται σε κανόνες (rule-based machines).
- **Διαμοίραση του χρόνου:** Οι συμμετέχοντες πρέπει να μπορούν να βλέπουν την συμπεριφορά των άλλων συμμετεχόντων όπως και όταν αυτή συμβαίνει. Με άλλα λόγια το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον πρέπει να επιτρέπει την αλληλεπίδραση των χρηστών σε πραγματικό χρόνο.
- **Έναν τρόπο αλληλεπίδρασης:** αν και η γραφική αναπαράσταση είναι η βάση για ένα αποτελεσματικό Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, τα περισσότερα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα παρέχουν επίσης και κάποιους τρόπους για την επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων με χειρονομίες, γραπτό κείμενο ή φωνή. Αυτή η επικοινωνία προσθέτει μια απαραίτητη αίσθηση ρεαλισμού σε κάθε εικονικό περιβάλλον και είναι το θεμελιώδες στοιχείο εκπαιδευτικών

συστημάτων.

- **Έναν τρόπο διαμοίρασης:** Τα παραπάνω χαρακτηριστικά παρέχουν αποτελεσματικά ένα υψηλής ποιότητας σύστημα τηλεδιάσκεψης. Ωστόσο, η πραγματική χρησιμότητα των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων, προέρχεται από την δυνατότητα των χρηστών να αλληλεπιδρούν ρεαλιστικά όχι μόνο μεταξύ τους αλλά και με το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

Συνοψίζοντας, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα παρέχουν σε πολλούς χρήστες την ικανότητα να αλληλεπιδρούν, να διαμοιράζονται πληροφορία και να διαχειρίζονται εικονικά αντικείμενα (Virtual Objects) μέσα σε ένα ιδεατό περιβάλλον με την χρήση γραφικών. Η παρουσία πολλών ταυτόχρονων ανεξάρτητων χρηστών διαχωρίζει τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από την τυπική εικονική πραγματικότητα και τις παιχνιδιομηχανές (Gaming Systems). Η ικανότητα για διαμοίραση εικονικών αντικειμένων διαχωρίζει τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από τα παραδοσιακά chat rooms, ενώ η αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο διαχωρίζει τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από την παραδοσιακή πλοήγηση στον παγκόσμιο ιστό (Web Browsing) ή το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail). Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα είναι πιο κατάλληλα για εφαρμογές που απαιτούν τηλεπαρουσία (Telepresence), δηλαδή την αίσθηση ότι οι άλλοι χρήστες, από απομακρυσμένες τοποθεσίες, είναι ορατοί. Σε αυτές τις εφαρμογές, ικανοποιείται σε μεγάλο βαθμό η απαίτηση των χρηστών για μια αίσθηση ρεαλισμού, η οποία διαφορετικά θα μπορούσε να επιτευχθεί μόνο στο πραγματικό περιβάλλον.

Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία:

1. Μηχανές γραφικών και οθόνες
2. Συσκευές ελέγχου και επικοινωνίας
3. Επεξεργαστές
4. Ένα δίκτυο δεδομένων

Τα στοιχεία αυτά συνεργάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν σε απομακρυσμένους χρήστες την αίσθηση της συνύπαρξης στο εικονικό περιβάλλον. Στη συνέχεια αναλύονται τα τέσσερα αυτά βασικά στοιχεία.

1.1 Κατηγορίες εικονικών περιβαλλόντων

Κατανεμημένα εικονικά περιβάλλοντα: (Distributed Virtual Environment, DVE): Κατανεμημένα ονομάζονται τα περιβάλλοντα εκείνα, των οποίων τα μέρη τους είναι διασκορπισμένα σε διαφορετικά υπολογιστικά συστήματα, τα οποία και είναι συνδεδεμένα μέσω ενός δικτύου. Βασικό χαρακτηριστικό των περιβαλλόντων αυτών είναι ότι επιτρέπουν στο χρήστη την αλληλεπίδραση, τόσο με το εικονικό περιβάλλον όσο και με τα αντικείμενα που υπάρχουν σε αυτό, σε πραγματικό χρόνο. Προσδίδεται έτσι μια αυξημένη και ενισχυμένη αίσθηση ρεαλισμού.

Δικτυακά εικονικά περιβάλλοντα: (Networked Virtual Environment, NVE): Αυτού του είδους τα εικονικά περιβάλλοντα επιτρέπουν σε ένα σύνολο διασκορπισμένων χωροχρονικά χρηστών, να αλληλεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο. Τα δικτυακά εικονικά περιβάλλοντα ονομάζονται και πολυχρηστικά εικονικά περιβάλλοντα (Multi-User Virtual Environments, MUV's). Η διαφορά από τα απλά (μονοχρηστικά)

περιβάλλοντα έγκειται στο ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με όλους τους χρήστες οι οποίοι συμμετέχουν στο περιβάλλον αυτό, σε πραγματικό χρόνο. Ο χρήστης αναπαρίσταται στο εικονικό περιβάλλον με έναν εικονικό εκπρόσωπο (avatar).

Συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα: (Collaborative Virtual Environment, CVE): Συνεργατικό εικονικό περιβάλλον μπορούμε να ονομάσουμε έναν παραγόμενο από ηλεκτρονικό υπολογιστή εικονικό χώρο ή/και ένα σύνολο τέτοιων χώρων όπου οι χρήστες μπορούν να συναντώνται και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, με ευφείς πράκτορες, αλλά και με αντικείμενα του εικονικού χώρου. Τα συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα έχουν ως στόχο την παροχή απομακρυσμένης συνεργασίας με αποτελεσματικό τρόπο, συνδυάζοντας τόσο την αναπαράσταση των συμμετεχόντων όσο και των ενεργειών τους σε έναν κοινό και διαμοιραζόμενο χώρο αναπαράστασης. Τα συγκεκριμένα περιβάλλοντα παρέχουν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την υποστήριξη ενός μεγάλου αριθμού συνεργατικών εφαρμογών, όπως για παράδειγμα η συνεργατική μάθηση από απόσταση.

1.2 Συνεργατική Μάθηση

Η Συνεργατική Μάθηση ως ξεχωριστή εκπαιδευτική μεθοδολογία, βασίζεται σε συγκεκριμένες θεωρίες και ερευνητικά αποτελέσματα, ενώ έχει προκύψει και καθιερωθεί στα τελευταία 30 χρόνια. Κατά την περίοδο αυτή έχει εξελιχθεί σε μία από τις σημαντικότερες εκπαιδευτικές τάσεις στις Η.Π.Α. και σε άλλες δυτικές χώρες. Η διερεύνηση ακόμη πιο δομημένων εκδοχών συνεργατικής μάθησης είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα ερευνητικά ζητήματα σήμερα στις Η.Π.Α., ενώ η εφαρμογή τους τις κατατάσσει ως από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Αντίθετα στην Ευρώπη, αν και αποκτά συνεχώς υποστηρικτές, η εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Ο όρος συνεργατική μάθηση στην Ευρώπη σημαίνει κυρίως ανεπίσημες συζητήσεις ομάδων εργασίας και χρησιμοποιείται κυρίως για να χαρακτηρίσει άλλες σχετικά αδόμητες και άτυπες δραστηριότητες συνεργασίας.

1.2.1 Αναγκαιότητα εφαρμογής της Συνεργατικής Μάθησης

Σχετικά με την αναγκαιότητα εφαρμογής της συνεργατικής μάθησης, πέντε βασικές απαντήσεις μπορούν να εξαχθούν από διαφορετικές προσεγγίσεις:

- Η απάντηση από πρακτική σκοπιά: Σύμφωνα με την απάντηση από πρακτική σκοπιά (η οποία προέρχεται από σημαντικές πρακτικές ανάγκες) η συνεργατική μάθηση πρέπει να εφαρμόζεται όποτε υπάρχει η ανάγκη ομαδικής μάθησης από ένα σύνολο ανθρώπων σε ένα συγκεκριμένο οργανισμό. Με άλλα λόγια η συνεργατική μάθηση είναι ένα φυσικό επακόλουθο καθημερινής οργανωτικής πρακτικής που δε σχετίζεται αναγκαστικά με κάποια διατυπωμένη θεωρία.
- Η απάντηση από την οργανωτική σκοπιά: Πέρα από το πρακτικό επίπεδο, τα συμπεράσματα της οργανωτικής θεωρίας υποδεικνύουν ότι η συνεργατική μάθηση εξυπηρετεί τους οργανισμούς καλύτερα από εναλλακτικές λύσεις. Βραχυπρόθεσμα αυτό αποτελεί μια κοινή πρακτική στις σύγχρονες επιχειρήσεις όπου άνθρωποι διαφορετικών ειδικοτήτων καλούνται να επιτύχουν έναν κοινό

σκοπό. Αυτή η τάση προέρχεται μερικώς από την πληθώρα και την πολυπλοκότητα της διαθέσιμης πληροφορίας καθώς και την ανάγκη της επίλυσης σύνθετων προβλημάτων από διαφορετικούς τομείς. Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στο συγκεκριμένο περιβάλλον είναι η δημιουργία μιας ομάδας ατόμων με σκοπό να μάθουν μαζί, όπου κάθε άτομο μεταφέρει την εμπειρία του και μπορεί να αποκτήσει νέα γνώση. Ο στόχος της ομαδικής προσέγγισης είναι η ανάπτυξη λύσεων που είναι καλύτερες από αυτές που μπορεί να αναπτύξει ο καθένας μόνος του. Αλλά και μακροπρόθεσμα, υπάρχει η άποψη ότι η συνεργατική μάθηση προάγει την ικανότητα των ατόμων για συνεργατική λήψη αποφάσεων στα πλαίσια ενός οργανισμού ή μιας επιχείρησης, βοηθώντας το άτομο να συνεργαστεί καλύτερα με τους συναδέλφους του αλλά και τους ανωτέρους του. Επομένως η συνεργατική μάθηση αποτελεί βασικό μέρος της προσέγγισης του Εκπαιδευτικού Οργανισμού (Learning Organization).

- Η απάντηση από την εκπαιδευτική σκοπιά: Η πιο διαδεδομένη απάντηση σχετικά με την αναγκαιότητα της συνεργατικής μάθησης είναι αυτή που προκύπτει από την εκπαιδευτική προσέγγιση του ζητήματος. Σύμφωνα με την απάντηση αυτή υπάρχουν βάσιμοι θεωρητικοί λόγοι ώστε να διατυπωθεί ο ισχυρισμός ότι συγκεκριμένα πρότυπα συνεργατικής μάθησης είναι πιο αποτελεσματικά ως μέσα μάθησης. Και εδώ πραγματοποιείται η διάκριση μεταξύ της βραχυπρόθεσμης αποτελεσματικότητας όσον αφορά στο αντικείμενο της εκάστοτε διαδικασίας και της μακροπρόθεσμης ωφέλειας, λόγω της προαγωγής γνωστικών ικανοτήτων αυτοεκτίμησης και άλλων χαρακτηριστικών που αποτελούν συνθήκες μακροπρόθεσμης επιτυχίας στη μάθηση.
- Η εμπειρική απάντηση: Η εξέταση του ζητήματος σε εμπειρικό επίπεδο καταδεικνύει ότι υπάρχουν αρκετές αποδείξεις ως αποτέλεσμα της συνεχούς έρευνας σύμφωνα με τις οποίες η συνεργατική μάθηση, πρώτον βελτιώνει την επίδοση του μαθητευόμενου σε σχέση με ανεξάρτητους μαθητές, και δεύτερον παίζει έναν θετικό ρόλο στην αναβάθμιση χαρακτηριστικών της προσωπικότητας του ατόμου που είναι ευεργετικά για μελλοντική συνεργατική ή αυτόνομη μάθηση και εργασία. Επιπλέον έρευνες έχουν δείξει ότι η συνεργατική μάθηση είναι χρήσιμη στην επίτευξη διαπροσωπικών στόχων όπως η ένταξη παιδιών με ειδικές ανάγκες στην τάξη και στην αναβάθμιση της διαπολιτισμικής αντίληψης μέσα στην τάξη.
- Η απάντηση από ηθική σκοπιά: Σε ηθικό επίπεδο, θεωρείται ότι η συνεργατική μάθηση ενισχύει το άτομο όσον αφορά την αυτονομία του η οποία εκλαμβάνεται με την ευρύτερη έννοια ως βασική κοινωνική αξία δίνοντάς του την δυνατότητα να ακολουθήσει έναν πιο αυτόνομο, συνεργατικό και ικανοποιητικό τρόπο ζωής.

Προκειμένου να αποτιμηθεί ο βαθμός επιτυχίας της συνεργατικής μάθησης, εξετάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της θεωρίας που έχουν διαπιστωθεί.

Το κύριο πλεονέκτημα της συνεργατικής μάθησης είναι η αποτελεσματική ανάπτυξη γνωστικών ικανοτήτων, όπως έχει περιγραφεί από τις θεωρίες του κονστρακτιβισμού: Διάφορες έρευνες δείχνουν ότι η συνεργατική μάθηση οδηγεί τους μαθητευόμενους σε υψηλά επίπεδα επίτευξης των στόχων τους σε σχέση με άλλους. Ειδικότερα η συνεργατική μάθηση προσφέρει πολλά γνωστικά πλεονεκτήματα στους μαθητές. Βελτιώνει στους μαθητές την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Μέσα από

συζητήσεις και μέσα από διαφωνία που προκύπτει σε συζητήσεις έχει θετική επίδραση στην κατανόηση του εκπαιδευτικού υλικού, ενώ προάγει τους μαθητές σε όλα τα επίπεδα. Συνεχής έρευνα έχει επίσης δείξει ότι η συνεργατική μάθηση έχει θετική επίδραση σε άλλα πεδία που επηρεάζουν την ανάπτυξη όπως η αυτοπεποίθηση, η αυτοεκτίμηση και τα εσωτερικά κίνητρα.

Κύριο μειονέκτημα της συνεργατικής μάθησης αποτελούν οι δυσλειτουργίες που προέρχονται από τις προσπάθειες εφαρμογής ανοιχτών μοντέλων συνεργατικής μάθησης σε περιβάλλον οργανισμών που είναι κλειστό και αφιλόξενο σε ανοιχτές διαδικασίες. Μια βασική δυσλειτουργία είναι η ασυμφωνία μεταξύ του κλασσικού ρόλου του καθηγητή (όπως αυτός υιοθετείται από την συμπεριφοριακή (behaviorist) προσέγγιση, η οποία επικρατεί σήμερα σχεδόν παντού) και της πιο ελεύθερης και αδόμητης προσέγγισης της συνεργατικής μάθησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δυσκολία προσαρμογής από την πλευρά των καθηγητών (λόγω του ότι αισθάνονται ότι δεν έχουν τον έλεγχο της διαδικασίας μάθησης), την μειωμένη τους προσφορά στην διαδικασία μάθησης και τελικά την μη κατάλληλη εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης. Μια ακόμη σημαντική δυσλειτουργία αποτελεί η δυσκολία χρησιμοποίησης των συνήθων μεθόδων αξιολόγησης των εκπαιδευόμενων στα πλαίσια της συνεργατικής μάθησης κυρίως σε ανοιχτά και ανακλαστικά μοντέλα συνεργατικής μάθησης. Επιπλέον μειονέκτημα της συνεργατικής μάθησης αποτελούν τα εγγενή προβλήματα της διαδικασίας της συνεργατικής μάθησης που προέρχονται από τις δυσλειτουργίες των ομάδων στις οποίες βασίζεται. Ένας τέτοιος τύπος προβλημάτων εμφανίζεται σε ομάδες όπου οι συμμετέχοντες έχουν γενικά δυσκολίες λειτουργίας σε ομάδες. Ένα ακόμη εγγενές πρόβλημα της διαδικασίας της συνεργατικής μάθησης έγκειται στους κινδύνους πιθανότητας εκδήλωσης ομορτουισμού που προέρχονται από την αποδεδειγμένη τάση των ανθρώπων να συμμορφώνονται με την επικρατούσα άποψη. Αυτή η τάση έχει σαν αποτέλεσμα την σιωπή ορισμένων μελών της ομάδας, την μη πλουραλιστική συμμετοχή των συμμετεχόντων και τελικά την λανθασμένη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Στην προσπάθεια να καταλήξουμε σε ένα γενικό συμπέρασμα σχετικά με τη συνεργατική μάθηση και την εφαρμογή της, διαπιστώνουμε ότι παρ' όλο που υπάρχουν αρκετές αποδείξεις αναφορικά με την αποτελεσματικότητα διάφορων διαδικασιών που βασίζονται στις αρχές της συνεργατικής μάθησης, ωστόσο οι προδιαγραφές και τα κριτήρια αξιολόγησης αυτών των μοντέλων συνεργατικής μάθησης είναι εξειδικευμένες ανά περίπτωση. Συνεπώς δεν είναι δυνατό να καταλήξουμε σε ένα ενοποιημένο πρότυπο συνεργατικής μάθησης το οποίο να ανταποκρίνεται σε γενικευμένες απαιτήσεις. Ομοίως είναι πολύ δύσκολη η εμπειρική κατάστρωση κάποιας ιεραρχίας στην αποτελεσματικότητα της συνεργατικής μάθησης.

1.2.2 Πεδία Εφαρμογής της Συνεργατικής Μάθησης

Σε αυτήν την παράγραφο γίνεται αναφορά στα πεδία όπου η θεωρία της συνεργατικής μάθησης έχει βρει εφαρμογή. Περιγράφεται η σχετική θεωρία, τα μοντέλα που εφαρμόζονται ενώ πραγματοποιείται μία αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, καθώς και μία εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων.

Τα γενικά πεδία όπου η συνεργατική μάθηση εφαρμόζεται είναι τα παρακάτω:

- η πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση.
- η ανώτερη εκπαίδευση.
- οι οργανισμοί/επιχειρήσεις.
- ο Παγκόσμιος Ιστός Πληροφοριών.

1.2.3 Η Συνεργαστική Μάθηση στην Ανώτερη εκπαίδευση

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 άρχισε η εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης στην ανώτερη εκπαίδευση στις Η.Π.Α από κάποια κολέγια σε ορισμένα τμήματα του εκπαιδευτικού τους προγράμματος. Μέχρι σήμερα δεν έχει διατυπωθεί κάποια διακριτή θεωρία που να αφορά στη συνεργατική μάθηση στην ανώτερη εκπαίδευση. Αυτό συμβαίνει επειδή πολλά από τα μοντέλα πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αναπτύχθηκαν στο πεδίο της ανώτερης εκπαίδευσης και συνεπώς είναι εφαρμόσιμα σε αυτό.

Σε μια προσπάθεια εμπειρικής αξιολόγησης της εφαρμογής της συνεργατικής μάθησης στην ανώτερη εκπαίδευση θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η συνεργατική μάθηση είναι κατάλληλη και σε αυτό τον τομέα και όχι μόνο στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες τους οποίους επηρεάζει η συνεργατική μάθηση που σχετίζονται αμεσότερα με τους σπουδαστές της ανώτερης εκπαίδευσης, όπως η κριτική σκέψη τους και η υποκίνησή τους για μεγαλύτερη εμπάθυνση και μελέτη του εκπαιδευτικού υλικού. Η επιτυχής εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης στην ανώτερη εκπαίδευση συμπεραίνεται από έρευνες και από τις απόψεις των ίδιων των σπουδαστών. Πιο συγκεκριμένα οι σπουδαστές πιστεύουν ότι η συνεργατική μάθηση τους βοηθά να κατανοήσουν καλύτερα τις θεωρίες ενώ διευρύνει την αντίληψή τους για την σημασία, εφαρμογή και ερμηνεία των θεωριών αυτών και ειδικότερα των πιο σύνθετων. Πρόσθετο πλεονέκτημα της συνεργατικής μάθησης στην ανώτερη εκπαίδευση είναι η ανάπτυξη ικανοτήτων συνεργασίας και κοινωνικότητας που είναι αναγκαίες στους χώρους εργασίας.

Παρ' ότι υπάρχουν αρκετά δεδομένα ως ερευνητικά αποτελέσματα, εμπειρική γνώση ή απλή λογική τα οποία καταδεικνύουν τη χρησιμότητα της συνεργατικής μάθησης, εντούτοις για τους ίδιους λόγους με την προηγούμενη περίπτωση δεν είναι δυνατή η εξαγωγή ενός ενοποιημένου μοντέλου που να ανταποκρίνεται βέλτιστα σε όλες τις περιπτώσεις.

1.2.4 Παράμετροι μοντέλου για Συνεργατική Μάθηση από απόσταση

Με βάση τα χαρακτηριστικά των μοντέλων συνεργατικής μάθησης αλλά και τα δεδομένα που συλλεχθήκανε από την αποτύπωση των αναγκών των χρηστών καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα μοντέλα που ανήκουν στην κατηγορία των Κοινωνικών Επικοδομητισμικών μοντέλων, τα οποία εστιάζουν στη γνωστική διαδικασία σε ομαδικό επίπεδο, μπορούν να ικανοποιήσουν αποτελεσματικότερα τις απαιτήσεις των χρηστών σε σχέση με άλλα μοντέλα. Επιπλέον τα μοντέλα αυτά από εκπαιδευτική σκοπιά κρίνονται πιο αποτελεσματικά στην μετά-βιομηχανική εποχή, ενώ από ηθική σκοπιά είναι πιο κατάλληλα και επιθυμητά.

Στα συγκεκριμένα μοντέλα ο καθηγητής και οι μαθητές διαμοιράζονται την διαδικασία λήψης αποφάσεων σε όλες τις φάσεις της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Σε αυτά τα μοντέλα ζητούμενο πέρα από την εμπέδωση της γνώσης είναι η ανάπτυξη της αίσθησης της συμμετοχής. Συμπερασματικά τα μοντέλα ενός περιβάλλοντος για συνεργατική μάθηση από απόσταση θα πρέπει να χαρακτηρίζονται ως:

- ανοικτά
- συμμετοχικά
- ανακλαστικά

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραπάνω διερεύνησης των αναγκών των χρηστών οι παράμετροι των μοντέλων για συνεργατική μάθηση από απόσταση μορφοποιούνται όπως παρουσιάζει ο παρακάτω Πίνακας. Στα συγκεκριμένα μοντέλα η συνεργατική μάθηση εκλαμβάνεται σαν μια διαδικασία διαμόρφωσης ομαδικής γνώσης στα γενικά πλαίσια του Επικοδομητισμού (Constructivism) που υποκινείται από την ικανοποίηση των συμμετεχόντων μέσα από την εκπλήρωση των προσωπικών τους στόχων για αναβαθμισμένη αυτογνωσία, αυτοέκφραση και αυτοκαθοδήγηση.

A/A	Παράμετρος	Περιγραφή
1	Το μέγεθος της ομάδας συνεργατικής μάθησης	Μπορεί να κυμαίνεται από 2 έως 16 μέλη. Μεγαλύτερες ομάδες παρουσιάζουν δυσλειτουργίες στη διαδικασία. Πρέπει να σημειωθεί ότι η παραπάνω ομάδα μπορεί να χωριστεί περαιτέρω σε υπο-ομάδες 2-4 μελών.
2	Η διάρκεια της διαδικασίας συνεργατικής μάθησης	Η κλίμακα είναι ημέρες, εβδομάδες, μήνες ή και χρόνια. Η διάρκεια είναι προκαθορισμένη από τον καθηγητή.
3	Η ένταση της διαδικασίας συνεργατικής μάθησης	Ο αριθμός των συναντήσεων ποικίλει από μία φορά την εβδομάδα για διάρκεια 2-3 ωρών μέχρι καθημερινές συναντήσεις διάρκειας 8 ωρών. Οι παράμετροι αυτές καθορίζονται από τον

A/A	Παράμετρος	Περιγραφή
		καθηγητή σε συνεργασία με τους μαθητές.
4	Η αιτία της διαδικασίας συνεργατικής μάθησης	Αποφασίζεται από τους συμμετέχοντες.
5	Το αντικείμενο της διαδικασίας συνεργατικής μάθησης	Απόκτηση νέας γνώσης και δεξιοτήτων.
6	Η λειτουργία της διαδικασίας συνεργατικής μάθησης	<p>Στον τομέα της σχολικής και ανώτερης εκπαίδευσης η λειτουργία θα μπορούσε να είναι παροχή προγραμμάτων σπουδών από εκπαιδευτικούς οργανισμούς και σχολεία.</p> <p>Στον τομέα των επιχειρήσεων θα μπορούσε να είναι αναβάθμιση/εκπαίδευση του προσωπικού των επιχειρήσεων αλλά και εκπαίδευση πελατών.</p>
7	Τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στη διαδικασία συνεργατικής μάθησης	Οι συμμετέχοντες στην διαδικασία μάθησης μπορούν να είναι μαθητές, σπουδαστές και εργαζόμενοι επιχειρήσεων.
8	Η φύση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας συνεργατικής μάθησης	Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αναμένεται να είναι η εμπέδωση γνωστικών αντικειμένων, η καταγραφή των διαφορετικών απόψεων ως αποτέλεσμα συζήτησης επί κάποιου θέματος και γενικότερα η απόκτηση κοινής αντίληψης και η διαμοίραση γνώσης.
9	Οι πτυχές της προσωπικότητας του μαθητευόμενου στις οποίες επικεντρώνεται η διαδικασία συνεργατικής μάθησης	Η διαδικασία σκοπεύει να επιδράσει κυρίως στο γνωστικό πεδίο αλλά και στην κοινωνική συμπεριφορά τους σε ένα δεύτερο επίπεδο.
10	Η φύση της διαδικασίας συνεργατικής μάθησης	Η διαδικασία προσδιορίζεται αρχικά από τον καθηγητή ο οποίος την παρουσιάζει στους μαθητές. Στην συνέχεια αποτελεί θέμα συζήτησης και παγιώνεται ανάλογα με την γνώμη των μαθητών.
11	Οι μορφές αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συμμετεχόντων στη διαδικασία συνεργατικής μάθησης	Οι μορφές αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συμμετεχόντων χαρακτηρίζονται ως συμμετρικές.

A/A	Παράμετρος	Περιγραφή
12	Τα κίνητρα των συμμετεχόντων στην ομάδα συνεργατικής μάθησης	Τα κίνητρα των συμμετεχόντων χαρακτηρίζονται ως εγγενή/εσωτερικά, δηλαδή οι μαθητές απλώς ικανοποιούνται από την συνεργασία τους με τους άλλους και την ανταλλαγή γνώσεων στα πλαίσια της ομάδας.
13	Ο αριθμός και η φύση των επιπέδων μάθησης στην διαδικασία της συνεργατικής μάθησης συνεργατικής	Το βασικό επίπεδο αφορά στο εκπαιδευτικό αντικείμενο.
14	Η φύση της αξιολόγησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας.	Η αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας γίνεται από τον καθηγητή σε συνεργασία με τους μαθητές και είναι ποιοτική και επεξηγηματική. Η αξιολόγηση λαμβάνει χώρα κατά την διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας και αφορά κάθε μαθητή ξεχωριστά αλλά και όλη την ομάδα σαν σύνολο.

Πίνακας1: Παράμετροι διαδικασιών συνεργατικής μάθησης από απόσταση

1.3 Λειτουργικότητες και Απαιτήσεις Εικονικών Περιβαλλόντων Μάθησης

Το επόμενο βήμα μετά τον καθορισμό των παραμέτρων των διαδικασιών για συνεργατική μάθηση από απόσταση είναι η ανάλυση του όρου Εικονικά Περιβάλλοντα Μάθησης-ΕΠΜ (Virtual Learning Environments-VLE), όπως έχει οριστεί στην βιβλιογραφία μέχρι σήμερα για την γενική περιγραφή συστημάτων για εκπαίδευση από απόσταση. Τα χαρακτηριστικά ενός ΕΠΜ θα αποτελέσουν τον κοινό παρονομαστή στην σύγκριση των τεχνολογιών οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν την παροχή συνεργατικής μάθησης από απόσταση.

Ο όρος ΕΠΜ δεν μπορεί να περιγραφεί σαφώς από τους όρους "Εκπαιδευτικός Δικτυακός Τόπος", "Virtual Campus" και "3D Environment/Virtual Reality Supported System", οι οποίοι είναι αρκετά γενικοί. Πιο συγκεκριμένα:

- Ένα ΕΠΜ δεν είναι απόλυτα ένα εκπαιδευτικό web site, αν και ορισμένοι χρησιμοποιούν τον όρο εικονικό εκπαιδευτικό περιβάλλον για να περιγράψουν web sites που απλά περιέχουν κάποιες στατικές ιστοσελίδες με εκπαιδευτικό υλικό.

- Ένα ΕΠΜ δεν είναι ταυτόσημο με ένα "virtual campus", καθώς ένα virtual campus παρέχει πανεπιστημιακά μαθήματα, ενώ ο όρος ΕΠΜ δεν πρέπει να περιορίζεται σε αυτό τον σκοπό. Έτσι λοιπόν το virtual campus μπορεί να θεωρηθεί σαν υποκατηγορία ενός ΕΠΜ.
- Ένα ΕΠΜ δεν πρέπει περιορίζεται σε συστήματα που περιλαμβάνουν εικονική πραγματικότητα και χρήση τρισδιάστατης τεχνολογίας, αφού κάποια περιβάλλοντα περιλαμβάνουν λιγότερο σύνθετα interfaces, όπως απλό κείμενο.

Για μια λεπτομερή, ουσιώδη και αποτελεσματική εξαγωγή των λειτουργικών απαιτήσεων ενός συστήματος για την υποστήριξη συνεργατικής μάθησης από απόσταση θα εξεταστούν αρχικά οι βασικές ιδιαιτερότητες ενός ΕΠΜ με την γενικότερη έννοια του όρου, οι οποίες αποτελούν και κριτήρια για την διαχωρισμό τους από άλλα περιβάλλοντα.

Οι ιδιαιτερότητες αυτές είναι οι παρακάτω:

1. Ο πληροφοριακός χώρος είναι σαφώς σχεδιασμένος.
2. Οι εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν στο περιβάλλον μετατρέπουν τους χώρους σε τόπους επικοινωνίας.
3. Ο πληροφοριακός χώρος αναπαρίσταται πλήρως με διάφορους τρόπους αναπαράστασης που ποικίλουν από απλό κείμενο μέχρι τρισδιάστατους κόσμους.
4. Οι εκπαιδευόμενοι δεν είναι απλά ενεργητικοί, αλλά συμμετέχουν στην δημιουργία του εικονικού χώρου.
5. Τα ΕΠΜ δεν περιορίζονται στην παροχή τηλε-εκπαίδευσης αλλά συνεισφέρουν και στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσα στην τάξη.
6. Τα ΕΠΜ ενσωματώνουν ετερογενείς τεχνολογίες και διάφορες παιδαγωγικές προσεγγίσεις.
7. Τα περισσότερα ΕΠΜ έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα φυσικά περιβάλλοντα.

1.3.1 Μηχανές γραφικών και οθόνες

Οι μηχανές γραφικών και οι οθόνες είναι το πιο βασικό στοιχείο ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Η οθόνη παρέχει στον χρήστη ένα τρισδιάστατο παράθυρο στο εικονικό περιβάλλον και η μηχανή δημιουργεί τις εικόνες που θα προβληθούν. Πριν μερικά χρόνια μόνο υψηλής απόδοσης σταθμοί εργασίας μπορούσαν να αναπαραστήσουν γραφικά. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια οι τυπικοί προσωπικοί υπολογιστές (PCs) διαθέτουν επαρκείς δυνατότητες για επεξεργασία και αναπαράσταση γραφικών. Ακόμη, οι επεξεργαστές γραφικών υψηλής ταχύτητας είναι φθηνοί και δίνουν στους προσωπικούς υπολογιστές ισχύ για την αναπαράσταση των γραφικών, που ανταγωνίζεται μικρομεσαίους σταθμούς επεξεργασίας γραφικών. Επιπρόσθετα, τα τυπικά API για OpenGL γραφικά επιτρέπουν την ανάπτυξη μεταφέρσιμων εφαρμογών για γραφικά. Από την άλλη πλευρά, οι παιχνιδιομηχανές αποτελούν κατάλληλες συσκευές για την προβολή Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

Οι παραδοσιακές οθόνες, παρόλο που παρέχουν υψηλής ποιότητας τρισδιάστατη αναπαράσταση προσφέρουν περιορισμένη αίσθηση του βάθους (immersion) στους

χρήστες. Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα χρησιμοποιούν συσκευές γραφικών, για καλύτερη ποιότητα, τα οποία περικλείουν ολοκληρωτικά τους χρήστες φράζοντας κάθε οπτική είσοδο, έξω από το εικονικό περιβάλλον. Ένα παράδειγμα είναι οι μικρές μηχανές γραφικών που είναι συχνά ενσωματωμένες σε κιάλια. Τέτοιες συσκευές είναι οι Head-Mounted Displays (HMDs) που παρουσιάζουν εικόνες απευθείας μπροστά από τα μάτια του χρήστη και μπλοκάρουν σχεδόν όλο το εξωτερικό. Ένας μαγνητικός αισθητήρας στο HMD αντιλαμβάνεται την κίνηση του κεφαλιού του χρήστη και μεταφέρει την πληροφορία σε έναν προσαρμοσμένο επεξεργαστή. Έτσι όταν ο χρήστης γυρνά το κεφάλι του, τα παρουσιαζόμενα γραφικά απεικονίζουν την αλλαγμένη οπτική γωνία (viewpoint) του.

Μια ακόμη οθόνη γραφικών που προσφέρει αίσθηση του βάθους είναι η CAVE. Η CAVE είναι στην ουσία ένας κύβος κλειστός από τις πέντε πλευρές του. Ο συμμετέχων βρίσκεται στην μέση του κύβου και η εικόνες προβάλλονται στις έδρες που βρίσκονται γύρω του (μπροστά, πάνω και κάτω από τον χρήστη), χρησιμοποιώντας περιφερειακή όραση 270 μοιρών. Καθώς ο χρήστης κινείται στο εικονικό περιβάλλον, οι ανανεωμένες εικόνες προβάλλονται στους τοίχους της CAVE δίνοντας μια αίσθηση ομαλής κίνησης.

1.3.2 Συσκευές ελέγχου και επικοινωνίας

Οι χρήστες πρέπει να έχουν την δυνατότητα να κινούνται, να πιάνουν και να μεταχειρίζονται αντικείμενα και καθώς να επικοινωνούν με άλλους χρήστες στο εικονικό περιβάλλον. Αυτές οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται με την χρήση διάφορων συσκευών εισόδου. Οι πιο κοινές συσκευές είναι το ποντίκι και το πληκτρολόγιο.

Χρησιμοποιώντας το ποντίκι, ο χρήστης πλοηγείται στο εικονικό περιβάλλον έχοντας την δυνατότητα να αλλάξει κατεύθυνση και να περιστρέφεται. Το ποντίκι χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο της ταχύτητας με την οποία κινείται ο χρήστης καθώς και για να εκτελεστούν κάποιες αλληλεπιδράσεις.

Το πληκτρολόγιο παρέχει την δυνατότητα για γραπτή επικοινωνία και προσφέρει πρόσβαση σε άλλες λιγότερο βασικές λειτουργίες. Παρόλο που το ποντίκι και το πληκτρολόγιο είναι οι πιο κοινές συσκευές ελέγχου, δεν είναι πάντα οι πιο αποτελεσματικές. Ορισμένες περιπτώσεις είναι οι παρακάτω:

- Σε παιχνίδια, ένα joystick συνήθως αντικαθιστά το ποντίκι
- Για μια πιο λεπτομερή μεταχείριση αντικειμένων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα γάντι δεδομένων (dataglove)
- Μαγνητικοί αισθητήρες που βρίσκονται σε ένα HMD αντιλαμβάνονται την κατεύθυνση και την οπτική γωνία του χρήστη

Σε full-body immersive περιβάλλοντα όπως το CAVE, αισθητήρες κίνησης

που βρίσκονται ενσωματωμένοι στις έδρες του CAVE μπορούν να αντιληφθούν και να μετρήσουν την πραγματική κίνηση του σώματος

- Οι χρήστες μπορούν να προσδεθούν σε μια συσκευή που προσδιορίζει την κίνηση του σώματος μετρώντας την δύναμη που προέρχεται από την κίνηση των χρηστών

Η γραπτή επικοινωνία, αν και είναι φθηνή στην χρήση, απέχει από το απόλυτο *immersion* που τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα προσπαθούν να πετύχουν. Σε πιο σύνθετα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα, οι χρήστες μπορούν να επικοινωνήσουν προφορικά χρησιμοποιώντας μικρόφωνα. Ο υπολογιστής λαμβάνει τον ήχο που προέρχεται από τους άλλους συμμετέχοντες, κάνει μίξη των διαφόρων ροών δεδομένων και αναπαράγει τον ήχο μέσω ηχείων. Η ανάδραση του ήχου είναι αρκετά σύνθετη, ενσωματώνοντας όχι μόνο τις φωνές των συμμετεχόντων αλλά και διάφορους ήχους που δημιουργούνται από ενέργειες που συμβαίνουν στο εικονικό περιβάλλον.

1.3.3 Επεξεργαστές

Η μείωση στις τιμές των επεξεργαστών οδήγησε στην ανάπτυξη των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα απαιτούν αρκετή επεξεργαστική ισχύ. Η μονάδα επεξεργασίας δέχεται γεγονότα από τις συσκευές εισόδου των χρηστών και υπολογίζει τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι εισοδοί αλλάζουν την θέση των χρηστών στο εικονικό περιβάλλον αλλά και την θέση των άλλων αντικειμένων στο περιβάλλον. Ο επεξεργαστής καθορίζει πως και πότε να ενημερώσει τους άλλους χρήστες για τις αλλαγές αυτές. Ομοίως, δέχεται πληροφορία που παρέχεται από άλλους συμμετέχοντες σχετικά με την θέση και την συμπεριφορά τους στο εικονικό περιβάλλον. Ο επεξεργαστής σχηματίζει αυτόνομα αντικείμενα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον τα οποία ελέγχονται από τον τοπικό υπολογιστή. Τέλος χρησιμοποιεί την οθόνη γραφικών για να διατηρεί ένα ενημερωμένο παράθυρο στο εικονικό περιβάλλον.

Είναι γεγονός ότι η αναπαραγωγή εικόνας απαιτεί τους περισσότερους πόρους. Πράγματι και δεδομένης της απαίτησης για απόλυτης αίσθησης του χώρου, κάθε διαθέσιμος κύκλος επεξεργαστή μπορεί να κατανεμηθεί για την δημιουργία υψηλότερης ποιότητας γραφικών σε ταχύτερους ρυθμούς πλαισίων (*frame-rates*). Μια από τις απαιτήσεις που αντιμετωπίζουν οι σχεδιαστές Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων είναι η κατανομή του διαθέσιμου χρόνου του επεξεργαστή ανάμεσα σε εκατομμύρια εργασίες που πρέπει να υποστηρίξουν την παρουσία ενός χρήστη σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

1.3.4 Ένα δίκτυο δεδομένων

Οι συμμετέχοντες σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον βασίζονται στο δίκτυο για την ανταλλαγή πληροφοριών. Για παράδειγμα, όταν ένας χρήστης κινείται σε ένα εικονικό περιβάλλον, πρέπει να μεταδίδει μηνύματα συγχρονισμού, μέσω του δικτύου έτσι ώστε οι υπόλοιποι χρήστες να βλέπουν τον χρήστη στην σωστή του θέση. Ομοίως αν ένας χρήστης τροποποιήσει ένα αντικείμενο στο περιβάλλον, οι άλλοι χρήστες πρέπει να ενημερωθούν ότι το συγκεκριμένο αντικείμενο αλλάζει κατάσταση. Το δίκτυο επίσης χρησιμοποιείται για να συγχρονίσει την διαμοιραζόμενη κατάσταση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος (χρόνο, τοποθεσία, κλπ.). Επίσης υποστηρίζει την γραπτή, ηχητική και οπτική επικοινωνία μεταξύ των χρηστών.

Για χρόνια τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα χρησιμοποιούνταν μόνο για ερευνητικούς και στρατιωτικούς σκοπούς, ή από Ινστιτούτα σχετικά με την βιομηχανία τα οποία είχαν γρήγορα τοπικά δίκτυα όπως Ethernet και Token Ring.

Αυτό συνέβαινε κυρίως γιατί τα δίκτυα προσέφεραν περιορισμένη χωρητικότητα την οποία τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα δεν κατάφεραν να την διαχειριστούν αποτελεσματικά. Ακόμα και ένα καλό δίκτυο είχε τη δυνατότητα υποστήριξης πολύ λίγων ταυτόχρονων χρηστών (λιγότερων από δέκα). Η χρήση του Διαδικτύου (Internet), που βρισκόταν ακόμα σε μια πρώιμη κατάσταση, ως δίκτυο δεδομένων από τα ΔΕΠ δεν μπορούσε καν να θεωρηθεί ως σοβαρή πρόταση, αφού η χωρητικότητα που παρείχε ήταν κάτι περισσότερο από ανεπαρκής. Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, για να υποστηρίξει χρήστες από πολλά διαφορετικά σημεία (sites), έπρεπε να χρησιμοποιεί κάποιο ιδιωτικό δίκτυο που προσέφερε ένα ικανοποιητικά μεγάλο εύρος ζώνης.

Η κατάσταση στα δίκτυα έχει αλλάξει δραματικά τα τελευταία χρόνια. Η χωρητικότητα των τοπικών δικτύων έχει αυξηθεί κατά έναν παράγοντα μεγαλύτερο του 1000, καθώς τα δίκτυα των μερικών Mbps αντικαταστάθηκαν από τα σημερινά δίκτυα που φτάνουν την τάξη των Gbps. Σαν αποτέλεσμα, τα μοντέρνα τοπικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα που υποστηρίζουν εκατοντάδες ταυτόχρονους συμμετέχοντες.

Η πρόοδος στις δικτυακές τεχνολογίες και στο Διαδίκτυο, επέτρεψε στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα να ξεφύγουν από τα όρια των ιδιωτικών δικτύων. Οι ταχύτητες που προσφέρουν τα modems έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και οι χρήστες μπορούν πλέον να συμμετέχουν στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από το σπίτι μέσω ενός Παροχέα Υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Provider - ISP). Αυτό υποδηλώνει την πιθανή χρήση των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων για εκπαιδευτικές εφαρμογές αλλά και για εφαρμογές για την εξυπηρέτηση πελατών.

Το Internet αποτελεί τώρα μια βιώσιμη πλατφόρμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα.

Οι χωρητικότητες των Δικτύων Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks) έχουν αυξηθεί αισθητά όπως και ο αριθμός των χρηστών του Internet. Ταυτόχρονα, οι δυνατότητες των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων έχουν εισβάλει στα προγράμματα πλοήγησης του Διαδικτύου (Web Browsers). Για παράδειγμα η γλώσσα περιγραφής εικονικής πραγματικότητας, γνωστή ως VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), επιτρέπει στον χρήστη να παραλάβει αλληλεπιδραστικά τρισδιάστατα μοντέλα μέσω του Παγκόσμιου Ιστού και να πλοηγηθεί μέσα σε αυτά. Το πρότυπο *Living Worlds (LW)* προσφέρει δυνατότητες πολυχρηστικής (multi-user) προσπέλασης σε αυτά τα VRML μοντέλα και το *Virtual Reality Transport Protocol (vrtp)* αποτελεί ένα προτεινόμενο πρωτόκολλο για ανταλλαγή δεδομένων Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Με την χρήση τυπικών προγραμμάτων πλοήγησης για την αναπαράσταση των εικονικών περιβαλλόντων, το Διαδίκτυο πολύ γρήγορα θα εξυπηρετεί τα περισσότερα συστήματα Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

1.4 Απαιτήσεις δικτυακών εικονικών περιβαλλόντων

Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα είναι πολύ δύσκολο να υλοποιηθούν σωστά και αποτελεσματικά. Τα συστήματα Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων είναι σύνθετα γιατί είναι συνδυασμός από πολλούς διαφορετικούς τύπους λογισμικού σε μια μόνο εφαρμογή. Συγκεκριμένα, τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα είναι:

- **Κατανεμημένα συστήματα:** πρέπει να ικανοποιήσουν όλες τις απαιτήσεις για σωστή διαχείριση των πόρων του δικτύου, την απώλεια δεδομένων, την αστοχία του δικτύου και συνοχή.
- **Εφαρμογές γραφικών:** πρέπει να διατηρούν ομαλά, real-time frame rates και προσεκτική διαχείριση της ισχύος της CPU ανάμεσα στην αναπαράσταση των γραφικών και στις άλλες εργασίες.
- **Αλληλεπιδραστικές (interactive) εφαρμογές:** πρέπει να επεξεργάζονται δεδομένα πραγματικού χρόνου σαν είσοδο από τους χρήστες. Οι χρήστες πρέπει να βλέπουν το εικονικό περιβάλλον σαν να υπάρχει τοπικά, ακόμη και αν οι συμμετέχοντες σε αυτό είναι κατανεμημένοι σε πολλά απομακρυσμένα σημεία (hosts).

Ο σχεδιασμός ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος γίνεται πιο σύνθετος λόγω του ότι τα συστήματα αυτά πρέπει να συνεργάζονται με ένα σύνολο από υπάρχουσες εφαρμογές διαφόρων υπηρεσιών. Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον πρέπει:

- Να χρησιμοποιεί συστήματα βάσεων δεδομένων τα οποία αποθηκεύουν σταθερή πληροφορία (persistent information) σχετική με το εικονικό περιβάλλον. Αυτές οι βάσεις δεδομένων περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, λεπτομερή πληροφορία σχετική με το ύψος του εδάφους, την θέση των κτιρίων και άλλων στατικών αντικειμένων στο περιβάλλον και την αρχική ρύθμιση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος.
- Να υποστηρίζει πιστοποίηση χρηστών (user authentication) και να αλληλεπιδρά με εμπορικά συστήματα και άλλα συστήματα συναλλαγών.
- Να έχει τη δυνατότητα να σημειώνει γεγονότα σε πραγματικό χρόνο και να τα αποθηκεύει ώστε να υποστηρίζει reproducible engineering συστήματα. Αυτή η εργασία είναι αρκετά σύνθετη λόγω του γεγονότος ότι η πλήρης κατάσταση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος δεν μπορεί να είναι στην πραγματικότητα γνωστή σε κάθε εξυπηρετητή (host) του συστήματος.

Τα στοιχεία ενός συστήματος Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος αλληλεπιδρούν με έναν σύνθετο τρόπο, με αποτέλεσμα ο σχεδιαστής να πρέπει να θεωρεί την εφαρμογή σαν ένα ενοποιημένο σύστημα. Η προσπάθεια για την βελτιστοποίηση ενός στοιχείου του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην συμπεριφορά των υπόλοιπων επιμέρους στοιχείων. Πρακτικά, η ανάπτυξη ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος είναι μια δύσκολη ισορροπία μεταξύ διάφορων λειτουργιών και χαρακτηριστικών.

1.4.1 Εύρος ζώνης δικτύου

Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα βασίζονται σε ένα δίκτυο δεδομένων για την ανταλλαγή πληροφοριών που αφορούν την τρέχουσα κατάσταση του εικονικού περιβάλλοντος. Αν ένας χρήστης επιθυμεί να λάβει λεπτομερή πληροφορία σχετικά με τις δραστηριότητες κάποιου άλλου χρήστη, αυτή η πληροφορία πρέπει να αποστέλλεται μέσω του δικτύου. Αν απαιτείται περισσότερη λεπτομέρεια τότε πρέπει να μεταδοθεί περισσότερη πληροφορία. Ομοίως, αν πολλοί χρήστες συμμετέχουν στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, το συνολικό ποσό πληροφορίας που δημιουργείται από την εφαρμογή αυξάνεται επίσης.

Ωστόσο, η χωρητικότητα του δικτύου είναι ένας περιορισμένος πόρος, έτσι ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος θα πρέπει να καθορίσει προσεκτικά τον τρόπο που θα κατανέμεται η χωρητικότητα. Για παράδειγμα, όταν ένας χρήστης συνδεθεί σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μέσω modem αυτό του προσφέρει ελάχιστη χωρητικότητα δικτύου, έτσι ο χρήστης δεν πρέπει λογικά να απαιτεί να λάβει λεπτομερή πληροφορία πραγματικού χρόνου που να περιγράφει την κατάσταση των άλλων συμμετεχόντων και του εικονικού κόσμου. Αντίθετα, οι χρήστες που συνδέονται μέσω τοπικών δικτύων μπορούν να αξιοποιήσουν ένα μεγαλύτερο εύρος πληροφορίας λαμβάνοντας μια αρκετά πιο ρεαλιστική περιγραφή των γεγονότων που συμβαίνουν στο εικονικό περιβάλλον.

1.4.2 Ανομοιομορφία

Στην πραγματικότητα, οι χρήστες που προσπελαύνουν Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα δεν έχουν το ίδιο σύνολο εξοπλισμού. Για παράδειγμα, ενώ κάποιοι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν ένα σταθμό εργασίας γραφικών με πληκτρολόγιο και ποντίκι και είναι συνδεδεμένοι με μια τηλεφωνική γραμμή, άλλοι μπορεί να χρησιμοποιούν immersive HMDs και γάντια δεδομένων σε έναν πολυεπεξεργαστή συνδεδεμένο με Ethernet. Η ιδέα των θυρών ετερογενούς προσπέλασης (heterogeneous access ports) είναι επιθυμητή αλλά θέτει διάφορες απαιτήσεις.

Αρχικά, ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να αποφασίσει αν θα παρουσιάσει ή θα κρύψει τις διαφορές μεταξύ των δυνατοτήτων και των ταχυτήτων των διαφόρων συμμετεχόντων. Η ανομοιομορφία των δικτύων δημιουργείται επειδή διαφορετικοί χρήστες μπορούν να συνδεθούν στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον χρησιμοποιώντας διαφορετικές χωρητικότητες.

Συμπερασματικά, κάποιοι χρήστες έχουν την δυνατότητα να λάβουν περισσότερη πληροφορία σε σχέση με κάποιους άλλους.

Ο σχεδιαστής του συστήματος μπορεί να αποκρύψει την ανομοιομορφία ανάγοντας το σύστημα σε έναν "ελάχιστο κοινό παρονομαστή", όπου οι απαιτήσεις του δικτύου δεν είναι μεγαλύτερες από την χωρητικότητα της πιο αργής σύνδεσης. Έτσι η μικρότερη χωρητικότητα εξασφαλίζει ότι όλοι οι χρήστες έχουν πρόσβαση στην ίδια πληροφορία, ενώ επίσης σημαίνει ότι η παρουσία ενός συμμετέχοντα με αργή σύνδεση έχει αρνητικά αποτελέσματα και στην απόδοση των υπόλοιπων χρηστών.

Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η πλήρης εκμετάλλευση όλων των διαθέσιμων πόρων. Ωστόσο, επιλέγοντας αυτή την επιλογή, ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να αντιμετωπίσει τα θέματα δικαιοσύνης που προκύπτουν όταν οι χρήστες πρέπει να αλληλεπιδράσουν ακόμη και αν έχουν λάβει διαφορετικά επίπεδα πληροφορίας σχετικά με το περιβάλλον. Αυτό το πρόβλημα είναι σχετίζεται ιδιαίτερα με εκπαιδευτικές εφαρμογές, όπου η απουσία δικαιοσύνης μπορεί να οδηγήσει σε μη ρεαλιστική εκπαίδευση.

Δευτερευόντως, διάφορα θέματα ανομοιομορφίας προκύπτουν σχετικά με τις δυνατότητες της οθόνης γραφικών, του επεξεργαστή και του ήχου. Για παράδειγμα, κάποιοι χρήστες μπορούν να έχουν σταθμούς επεξεργασίας γραφικών που είναι ικανοί να αναπαραστήσουν εκατομμύρια πολύγωνα το δευτερόλεπτο με texture - mapped γραφικά, ενώ άλλοι μπορεί να έχουν χαμηλής ισχύος προσωπικούς υπολογιστές που μπορούν να αναπαραστήσουν μόνο λίγες εκατοντάδες πολύγωνα το δευτερόλεπτο χωρίς textures. Κάποιες μηχανές μπορεί να είναι ικανές να αναπαραστήσουν ήχο στο εικονικό περιβάλλον, ενώ άλλες όχι. Σε

αυτή την περίπτωση, όπως και προηγουμένως, ο σχεδιαστής πρέπει να αποφασίσει αν θα χρησιμοποιεί τους ελάχιστους πόρους για να εξασφαλίσει δικαιοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων ή αν θα πρέπει να προσπαθήσει να παρουσιάσει τις διαφορές και να διαχειριστεί τα θέματα δικαιοσύνης που θα προκύψουν.

1.4.3 Κατανεμημένη αλληλεπίδραση

Η κατανεμημένη αλληλεπίδραση είναι μια από τις βασικές ιδιότητες ενός συστήματος Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Οι χρήστες μπορούν να βλέπουν σε πραγματικό χρόνο τις δραστηριότητες των άλλων χρηστών και να αντιδρούν σε αυτή την πληροφορία σε πραγματικό χρόνο. Σε κάποια συστήματα, engineering μοντέλα αντιδρούν δυναμικά σε ερεθίσματα που προέρχονται από τμήματα του συστήματος που βρίσκονται σε άλλες μηχανές. Για να είναι αποτελεσματικό, το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον πρέπει να δημιουργεί σε κάθε χρήστη την ψευδαίσθηση ότι ολόκληρο το περιβάλλον βρίσκεται στην τοπική μηχανή και ότι οι ενέργειές του έχουν άμεση επίδραση στο περιβάλλον.

Η διατήρηση της ψευδαίσθησης ενός απλού συστήματος είναι δύσκολη εξαιτίας της επικοινωνίας που απαιτείται για την ανταλλαγή πληροφορίας στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Για παράδειγμα, τα δίκτυα επιβάλλουν μια αισθητή καθυστέρηση από τον χρόνο που ένα μήνυμα αποστέλλεται μέχρι τον χρόνο που πραγματικά έχει ληφθεί από τον προορισμό. Επιπλέον, διαφορετικές μηχανές μπορούν να επιφέρουν διαφορετικές καθυστερήσεις, που εξαρτώνται από τον τύπο του δικτύου, και την τοποθεσία των hosts που δρουν σαν πομπός και δέκτης. Κάθε συμμετέχων κόμβος πρέπει λοιπόν να παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη άποψη του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο και να αντιμετωπίσει το γεγονός ότι όλη η πληροφορία που προέρχεται από τους χρήστες, όταν φτάσει είναι ήδη εκπρόθεσμη.

Οι καθυστερήσεις του δικτύου είναι πολύ δύσκολο να διαχειριστούν, όταν πολλοί χρήστες ή αντικείμενα αλληλεπιδρούν άμεσα. Για παράδειγμα ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, πρέπει να υποστηρίζει με σωστό τρόπο ανίχνευση σύγκρουσης (collision detection), συγχρονισμό και διαχωρισμό μεταξύ των συμμετεχόντων. Ακριβής ανίχνευση σύγκρουσης είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί επειδή σε κάθε δεδομένο χρονικό σημείο, κανένας χρήστης δεν έχει την σωστή πληροφορία σχετικά με την τρέχουσα θέση των άλλων χρηστών. Η καθυστέρηση των δικτύων σημαίνει ότι όλη η πληροφορία που λαμβάνει ένας χρήστης είναι εκπρόθεσμη. Είναι λοιπόν πιθανό ένας χρήστης να παίρνει κάποια απόφαση βασισμένος σε παλιά πληροφορία, όταν ανιχνεύεται μια σύγκρουση, ενώ στην πραγματικότητα ο άλλος χρήστης έχει κινηθεί για να αποφύγει την σύγκρουση (collision) κατά την διάρκεια της καθυστέρησης του δικτύου. Άρα είναι λοιπόν πιθανό, οι χρήστες να λαμβάνουν τελείως διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με το αν συνέβη σύγκρουση, επειδή ο καθένας λαμβάνει πληροφορία με διαφορετική καθυστέρηση. Ακόμη όμως και στην περίπτωση που οι κόμβοι συμφωνούν στο αν συνέβη η σύγκρουση, πρέπει επιπλέον να συμφωνήσουν και στο ακριβές σημείο σύγκρουσης, και στο πώς επηρεάζονται οι υπόλοιποι χρήστες. Αυτό το πρόβλημα γίνεται πιο σύνθετο με εκθετικό τρόπο όταν η σύγκρουση περιλαμβάνει πάνω από δύο αντικείμενα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

1.4.4 Σχεδιασμός συστήματος διαχείρισης πόρων σε πραγματικό

χρόνο

Η αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο καθορίζει την σχεδίαση και την αρχιτεκτονική μιας εφαρμογής Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Πολλές διαφορετικές διεργασίες (threads) συναγωνίζονται να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) και αντίθετα από άλλα συστήματα, σχεδόν όλες οι διεργασίες έχουν πολύ μεγάλες απαιτήσεις αναφορικά με την εκτέλεσή τους σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η ικανοποίηση των αναγκών για εκτέλεση σε πραγματικό χρόνο αυτών των διαφορετικών διεργασιών είναι μια απαίτηση για τον σχεδιαστή του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος.

Το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον πρέπει να υποστηρίζει αλληλεπιδράσεις σε πραγματικό χρόνο με τον τοπικό χρήστη. Ο σχεδιασμός του λογισμικού πρέπει να διευκολύνει γρήγορη ανίχνευση και επεξεργασία των ενεργειών του χρήστη από τη μονάδα εισόδου του (πληκτρολόγιο, ποντίκι, HMD, κλπ.). Καθυστερήσεις σε αυτή την διαδικασία μπορεί να οδηγήσουν σε μια αργή αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών.

Ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να χρησιμοποιήσει διάφορες τεχνικές για να διαχειριστεί αυτές τις διεργασίες. Μια προσέγγιση είναι να τοποθετήσει οτιδήποτε σε μια μόνο διεργασία που να εκτελεί όλες τις λειτουργίες με ένα κυκλικό τρόπο (round robin), αρκετά γρήγορα έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις για πραγματικό χρόνο. Εναλλακτικά, η εφαρμογή μπορεί να διασπαστεί σε πολλές διεργασίες που συντονίζονται και χρονοπρογραμματίζονται έτσι ώστε να εξισορροπούν την χρήση της CPU. Εκτός από το χρονοπρογραμματισμό για την αποτελεσματική χρήση της CPU οι πολυ-διεργαστικές (multi-threaded) υλοποιήσεις συστημάτων Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων πρέπει να διαχειρίζονται το φαινόμενο του ανταγωνισμού στα διαμοιραζόμενα δεδομένα που βρίσκονται σε κάθε κόμβο, υλοποιώντας μηχανισμούς κλειδώματος (shared locks) για τον συντονισμό της ενημέρωσης της κατάστασης και της ενημέρωσης της προσπέλασης.

1.4.5 Διαχείριση αστοχίας

Τα καταναμημένα συστήματα πρέπει να αντιμετωπίζουν την πιθανότητα, αστοχίας ενός ή περισσότερων συνδεδεμένων κόμβων-εξυπηρετητών οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Επιπλέον, οι συνδέσεις του δικτύου μπορεί να αστοχήσουν είτε προσωρινά είτε μόνιμα. Η πιθανότητα αστοχίας μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στον σχεδιασμό του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος.

Ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να καθορίσει μέχρι ποιο σημείο μια αστοχία θα επηρεάσει την λειτουργία της εφαρμογής. Η διαχείριση των αστοχιών διαιρείται στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

- **Τερματισμός του συστήματος:** Οι αποτυχίες του συστήματος μπορεί να επηρεάσουν όλο το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον και να το αναγκάσουν να τερματίσει αν ο πόρος που έχει πρόβλημα είναι κρίσιμος για την εκτέλεσή του. Για παράδειγμα, αν η αρχιτεκτονική του συστήματος χρησιμοποιεί έναν κεντρικό εξυπηρετητή για να δέχεται και να διανέμει όλα τα δεδομένα, ο τερματισμός της λειτουργίας αυτού του εξυπηρετητή θα έχει σαν αποτέλεσμα

και τον τερματισμό της λειτουργίας όλου του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Αν και η αστοχία όλου του συστήματος δεν είναι κατά κανόνα επιθυμητή, είναι κατάλληλη σε περιπτώσεις που πρέπει να διασφαλιστεί η ορθότητα του συστήματος.

- **Κλείσιμο του συστήματος:** Η αποτυχία μπορεί να μην επηρεάσουν τους υπάρχοντες χρήστες του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, αλλά μπορεί να εμποδίσουν την άφιξη νέων χρηστών σε αυτό. Για παράδειγμα ή αστοχία ενός εξυπηρετητή που είναι υπεύθυνος για την αναγνώριση των χρηστών (authentication server) θα εμπόδιζε την πρόσβαση νέων χρηστών στο σύστημα, παρόλο που οι τρέχοντες χρήστες δεν επηρεάζονται.
- **Παραμπόδιση της λειτουργίας του συστήματος:** ο τερματισμός της λειτουργίας κάποιων τμημάτων του συστήματος μπορεί να εκφυλίσει την λειτουργία του, έτσι ώστε να μην προσφέρει την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσιών στους χρήστες του.
- **Διατήρηση της λειτουργίας του συστήματος:** Μια αστοχία μπορεί να έχει σχεδόν ανεπαίσθητα αποτελέσματα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Αυτή η κατάσταση συμβαίνει όταν μια μη-κρίσιμη υπηρεσία, για παράδειγμα ένας εξυπηρετητής πρόσβασης, αποτυγχάνει. Στις περιπτώσεις αυτές η λειτουργία του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος συνεχίζεται χωρίς πρόβλημα, ωστόσο η απουσία μιας μη διαθέσιμης υπηρεσίας μπορεί να επηρεάσει κάποια άλλη λειτουργία. Η διατήρηση της λειτουργίας του συστήματος είναι επίσης πιθανή όταν μια κρίσιμη υπηρεσία υποστηρίζεται από έναν "hot backup" εξυπηρετητή που αντιγράφει την κατάσταση του πρωτεύοντος εξυπηρετητή και μπορεί να ενεργοποιηθεί άμεσα για να αντικαταστήσει σε περίπτωση αποτυχίας του.

Η διατήρηση της λειτουργίας του συστήματος είναι το πιο επιθυμητό μοντέλο για ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, επειδή επιτρέπει την εκτέλεσή του χωρίς διακοπή. Ωστόσο είναι πολύ δύσκολη η παροχή και η διατήρηση ενός τέτοιου συστήματος. Η παρουσία ενός "hot backup" εξυπηρετητή απαιτεί επιπλέον υλικό (hardware) καθώς και δικτυακούς πόρους, ενώ η απαίτηση για την αντιγραφή της κατάστασης του πρωτεύοντος εξυπηρετητή μπορεί να προκαλέσει την επιβράδυνση της λειτουργίας του πρωτεύοντος εξυπηρετητή. Από την άλλη πλευρά, ο τερματισμός της λειτουργίας του συστήματος δεν απαιτεί σχεδόν καθόλου υποστήριξη του συστήματος.

Η διαχείριση της αστοχίας του συστήματος είναι αρκετά περίπλοκη επειδή κάποια αστοχία επηρεάζει όλο το σύστημα. Όταν το δίκτυο αποτυγχάνει, πολλοί συμμετέχοντες ταυτόχρονα θα αποσυνδεθούν από το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Ομοίως, ένας απλός κόμβος μπορεί να παρέχει πολλές υπηρεσίες του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, έτσι όταν αυτός αποτυγχάνει, όλες αυτές οι υπηρεσίες άμεσα δεν είναι διαθέσιμες. Ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει λοιπόν να αποτιμήσει τον τρόπο με τον οποίο οι πόροι και οι υπηρεσίες θα κατανομούνται στους κόμβους και τα δίκτυα για να εξασφαλίσει ότι παράλληλες αποτυχίες θα επιδράσουν στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον με προκαθορισμένο τρόπο.

1.4.6 Επεκτασιμότητα

Η επεκτασιμότητα ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος μετράται από τον αριθμό των οντοτήτων που μπορούν να συμμετέχουν ταυτόχρονα στο σύστημα. Μια οντότητα ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος είναι ένα συμμετέχον αντικείμενο στο περιβάλλον αυτό. Οι οντότητες του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος περιλαμβάνουν αντικείμενα που ελέγχονται από τον χρήστη (human-controlled) και αντικείμενα που ελέγχονται από το σύστημα (computer-controlled), ομάδες αντικειμένων κλπ. Τα συστήματα θέτουν μια μεγάλη ποικιλία από απαιτήσεις για επεκτασιμότητα, που κυμαίνονται από δύο οντότητες σε απλά παιχνίδια σε εκατοντάδες ή χιλιάδες οντότητες σε εκπαιδευτικά συστήματα. Εναλλακτικές μετρικές για την επεκτασιμότητα είναι ο αριθμός των κόμβων-εξυπηρετητών που μπορούν να συνδεθούν ταυτόχρονα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον και η φυσική απόσταση μεταξύ των συμμετεχόντων στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

Η επεκτασιμότητα του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων της χωρητικότητας του δικτύου, της ισχύος του επεξεργαστή, της ταχύτητας αναπαραστάσης των γραφικών και της ταχύτητας αποστολής δεδομένων των διαμοιραζόμενων εξυπηρετητών. Η επίτευξη της επεκτασιμότητας είναι δύσκολη και επιφέρει ένα σημαντικό κόστος επειδή απαιτεί αναβάθμιση όλων των παραγόντων του συστήματος του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος.

Η πολυπλοκότητα ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος αυξάνεται εκθετικά με τον αριθμό των συμμετεχόντων οντοτήτων εξαιτίας του αριθμού των πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των οντοτήτων. Μια συγκεκριμένη αλληλεπίδραση μπορεί να συμπεριλάβει οποιονδήποτε συνδυασμό των συμμετεχόντων οντοτήτων που συμμετέχουν στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, έτσι ώστε να υπάρχουν 2^n (όπου n ο αριθμός οντοτήτων) πιθανές αλληλεπιδράσεις οντότητας με οντότητα. Στην πραγματικότητα, ο ακριβής αριθμός των αλληλεπιδράσεων, δεν αυξάνει όσο γρήγορα αυξάνουν οι πιθανές αλληλεπιδράσεις. Κατά κανόνα, μια οντότητα σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον δεν αλληλεπιδρά με οποιαδήποτε άλλη οντότητα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Για παράδειγμα, σε ένα μεγάλο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, δεν μπορούμε να περιμένουμε όλοι οι χρήστες να συναθροίζονται σε ένα μόνο δωμάτιο, και αν το κάνουν σπάνια θα βρεθούν στο ίδιο σημείο του δωματίου. Αντίθετα οι χρήστες τείνουν να διασκορπίζονται σε διάφορες υποομάδες που βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Αυτές οι ομάδες οντοτήτων μπορούν να αλλάξουν τη μέγιστη χωρητικότητα λειτουργίας του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, αλλά η μεγάλη τους παρουσία προφανώς περιορίζει τον αριθμό των αλληλεπιδράσεων που μπορούν να συμβούν οποιαδήποτε στιγμή.

1.4.7 Ανάπτυξη – Ρύθμιση

Οι σχεδιαστές των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων αντιμετωπίζουν διάφορες απαιτήσεις αναπτύσσοντας το λογισμικό τους για πιθανούς συμμετέχοντες. Αν το λογισμικό του client του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος είναι μεγάλο τότε δεν είναι κατάλληλο για διανομή μέσω του web (downloading). Εναλλακτικά το λογισμικό μπορεί να σχεδιαστεί με την χρήση μιας βιβλιοθήκης και τμημάτων που μπορούν να "κατεβαίνουν" δυναμικά ανάλογα με τις απαιτήσεις του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος που εκτελείται. Αυτές οι εναλλακτικές λύσεις επηρεάζουν τον σχεδιασμό του λογισμικού, την επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού που θα

χρησιμοποιηθεί στην υλοποίηση και το σύνολο των υποστηρικτικών πλατφόρμων για την λειτουργία.

Τα θέματα της ανάπτυξης γίνονται πιο σύνθετα αν το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον εκτελείται μέσω προγραμμάτων πλοήγησης στο Διαδίκτυο (web browsers). Στην περίπτωση αυτή ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, πρέπει να διασφαλίσει ότι:

- Το περιβάλλον μπορεί εύκολα να γίνει download.
- Η υλοποίηση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να συμμορφωθεί με τα όρια ασφάλειας που επιβάλλουν οι διαθέσιμοι browsers.
- Το λογισμικό εκτελείται και λειτουργεί σωστά σε διαφορετικούς browsers. Οι web browsers είναι μάλλον ασύμβατοι στον τρόπο με τον οποίο υποστηρίζουν downloaded εφαρμογές, ενώ τυπικές γλώσσες για την αναπαράσταση γραφικών όπως είναι η VRML δεν έχουν πετύχει πραγματική μεταφερσιμότητα μεταξύ διαφορετικών browsers.

Η επιτυχημένη ανάπτυξη ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος περιλαμβάνει περισσότερα θέματα από την διανομή του λογισμικού. Οι συμμετέχοντες πρέπει να έχουν πρόσβαση στη ρύθμιση του συστήματος όπως για παράδειγμα διευθύνσεις δικτύου για αποστολή δεδομένων, κωδικούς πρόσβασης, γραφικά και υπολογιστικά μοντέλα για διάφορους τύπους συμμετεχόντων κλπ. Αυτή τα δεδομένα για την ρύθμιση του συστήματος συνήθως διαφέρουν για κάθε λειτουργία του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος και πρέπει να είναι συγκρίσιμα σε μέγεθος με το λογισμικό του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να συλλέγει αυτή την πληροφορία και να την διαθέτει σε όλους τους συμμετέχοντες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

2.1 Η εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση

Η αλληλεπίδραση σε πρώτο πρόσωπο με το γνωστικό αντικείμενο, η μάθηση μέσα από την πράξη, η εμπειρική μάθηση, η ουσιαστικότερη προσέγγιση αφηρημένων εννοιών με τρόπο πολυαισθητηριακό, η δημιουργία κινήτρων, αποτελούν όπως προαναφέρθηκε βασικές αρχές των σύγχρονων θεωριών μάθησης και ενισχύουν το μοντέλο της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Η Εικονική Πραγματικότητα είναι ένα σύστημα διεπαφής στο οποίο ο χρήστης βιώνει περισσότερο εμπειρικά παρά νοητικά την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον. Πολλοί μελετητές, τονίζουν ότι η χρήση τέτοιων εικονικών περιβαλλόντων παρέχει τη δυνατότητα εμπειρικής μάθησης και για αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στην εκπαίδευση. Το τρισδιάστατο, πολυαισθητηριακό περιβάλλον και η αντιστοιχία ενεργειών και συμπεριφοράς του χρήστη με το απεικονιζόμενο αποτέλεσμα δημιουργούν την αίσθηση παρουσίας μέσα στο περιβάλλον αυτό ("sense of presence"). Η αίσθηση της παρουσίας θεωρείται ότι υποβοηθά την επικοινωνία της μαθησιακής εμπειρίας. Τα μαθησιακά εικονικά περιβάλλοντα υποστηρίζουν την αισθητηριακά πλούσια αλληλεπίδραση μαθητή-υπολογιστή, επιτρέποντας τον χειρισμό και την εξέταση των συνθετικών αντικειμένων, σαν να ήταν αντικείμενα του πραγματικού κόσμου.

Η Εικονική Πραγματικότητα παρέχει επίσης τη δυνατότητα στους χρήστες να δημιουργούν, να χειρίζονται και να επεξεργάζονται κάθε τύπο ψηφιακής πληροφορίας. Τα παιδιά μπορούν κατ' αυτόν τον τρόπο να δομούν ενεργά τις δικές τους σκέψεις για τον κόσμο, όπως υποστήριζε και ο Piaget, και ενθαρρύνονται ώστε να δομούν την δική τους γνώση, γεγονός το οποίο είναι αποδεδειγμένα αποτελεσματικό για την μάθηση. Εφόσον η αλληλεπίδραση με ένα μοντέλο μπορεί να είναι ένα πολύ καλύτερο κίνητρο από εκείνο που προκαλεί η αλληλεπίδραση με το αληθινό αντικείμενο τα εικονικά περιβάλλοντα ενισχύουν την δημιουργία κινήτρων (π.χ. με τη χρήση φόρμας παιχνιδιού)

Συνοψίζοντας, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η εποικοδομητική θεωρία μάθησης όπως και οι θεωρίες που απορρέουν από τις Γνωστικές επιστήμες για την εκπαιδευτική διαδικασία και τη μάθηση μπορούν να συσχετισθούν με κάποια από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εικονικών περιβαλλόντων. Ουσιαστικά η εποικοδομητική θεωρία παρέχει την καλύτερη προσέγγιση σύμφωνα με την οποία μπορούν να αναπτυχθούν εκπαιδευτικές εφαρμογές με Εικονική Πραγματικότητα. Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών εφαρμογών αυτής της τεχνολογίας έχει συμπεριλάβει

απόψεις της εποικοδομητικής θεωρίας και είναι αδύνατον να καθοριστεί αν τα θετικά αποτελέσματα σχετίζονται με τη χρήση της παραπάνω θεωρίας ή τη χρήση του εικονικού κόσμου ή το συνδυασμό και των δύο.

2.1.1 Ορισμός

Οι όροι "Εκπαιδευτικός δικτυακός τόπος" (Educational web site), "Virtual Campus" και "3D Environment/Virtual Reality Supported System" είναι αρκετά γενικοί έτσι ώστε να μπορούν να περιγράψουν σαφώς τον όρο Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα:

- Ένα Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον δεν είναι απόλυτα ένας εκπαιδευτικός δικτυακός τόπος, αν και ορισμένοι χρησιμοποιούν τον όρο εικονικό εκπαιδευτικό περιβάλλον για να περιγράψουν δικτυακούς τόπους που απλά περιέχουν κάποιες στατικές ιστοσελίδες με εκπαιδευτικό υλικό.
- Ένα Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον δεν είναι ταυτόσημο με ένα "virtual campus", καθώς ένα virtual campus παρέχει πανεπιστημιακά μαθήματα, ενώ ο όρος Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον δεν πρέπει να περιορίζεται σε αυτό τον σκοπό. Έτσι λοιπόν το virtual campus μπορεί να θεωρηθεί σαν υποκατηγορία ενός Εικονικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος.
- Ένα Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον δεν πρέπει περιορίζεται σε συστήματα που περιλαμβάνουν εικονική πραγματικότητα και χρήση τρισδιάστατης τεχνολογίας, αφού κάποια περιβάλλοντα περιλαμβάνουν λιγότερο σύνθετα interfaces, όπως απλό κείμενο.

2.1.2 Απαιτήσεις - Λειτουργικότητες

Για μια λεπτομερή, ουσιώδη και αποτελεσματική εξαγωγή των λειτουργικών απαιτήσεων ενός Εικονικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος (VLE) με χρήση 3D τεχνολογίας και εικονικής πραγματικότητας θα εξεταστούν αρχικά οι βασικές ιδιαιτερότητες ενός Εικονικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος με την γενικότερη έννοια του όρου. Οι ιδιαιτερότητες αυτές είναι οι παρακάτω:

- Ο πληροφοριακός χώρος είναι σαφώς σχεδιασμένος
- Οι εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν στο περιβάλλον μετατρέπουν τους χώρους σε τόπους επικοινωνίας
- Ο πληροφοριακός χώρος αναπαρίσταται πλήρως με διάφορους τρόπους που ποικίλουν από απλό κείμενο μέχρι τρισδιάστατους εικονικούς κόσμους
- Οι εκπαιδευόμενοι δεν είναι απλά παθητικοί, αλλά συμμετέχουν στην δημιουργία του εικονικού χώρου
- Τα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα δεν περιορίζονται στην παροχή τηλε-εκπαίδευσης αλλά συνεισφέρουν και στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσα στην τάξη.
- Τα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα ενσωματώνουν ετερογενείς τεχνολογίες και υποστηρίζουν διαφορετικές παιδαγωγικές προσεγγίσεις
- Τα περισσότερα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα φυσικά περιβάλλοντα.

Οι ιδιαιτερότητες που αναφέρθηκαν περιγράφονται αναλυτικά στις παρακάτω παραγράφους.

2.2 Σαφής σχεδιασμός του πληροφοριακού χώρου

Οποιοσδήποτε δικτυακός τόπος είναι ένας σχηματισμένος πληροφοριακός χώρος. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως αυτός ο πληροφοριακός χώρος είναι απλά ένα μη δομημένο σύνολο από ιστοσελίδες. Οι λειτουργικές απαιτήσεις για εκπαιδευτικά περιβάλλοντα είναι πολυάριθμες και δεν έχουν μελετηθεί συστηματικά. Κάποια παραδείγματα είναι:

- Χρήση πληροφορίας σε εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις: Η πληροφορία θα πρέπει να αποθηκεύεται στο σύστημα με έξυπνο τρόπο, συνοδευόμενη από μετα-πληροφορία, έτσι ώστε να υποστηρίζει την αλληλεπίδραση του συστήματος με τον χρήστη και να δομείται δυναμικά.
- Multi-authoring: Θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας της αποθηκευμένης πληροφορίας σε ένα Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον από διάφορους χρήστες, όπως καθηγητές, μαθητές, εκπαιδευόμενους, εμπειρογνώμονες κλπ. Αυτό δημιουργεί διάφορα ζητήματα όπως διαμοίραση αντικειμένων, ταυτόχρονη επεξεργασία των αντικειμένων, workflow τεχνικές κλπ.
- Συντήρηση του συστήματος και της πληροφορίας: Συστήματα, για παράδειγμα web sites, στα οποία η πληροφορία δεν είναι σωστά δομημένη είναι πολύ δύσκολο να συντηρηθούν. Μάλιστα το κόστος συντήρησης ενός web site μπορεί να υπερβεί το κόστος δημιουργίας του.
- Συμβατότητα με τις τρέχουσες τεχνολογίες: Η προσπάθεια ανάπτυξης δικτυακών τόπων πρέπει να χρησιμοποιεί τρέχουσα τεχνολογία. Η δόμηση της πληροφορίας και η προσθήκη μετα-πληροφορίας αυξάνουν την πιθανότητα επαναχρησιμοποίησής της.
- Διαμοιρασμός της πληροφορίας. Η εκπαίδευση μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική αν η πληροφορία διαμοιράζεται όχι μόνο στο Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον αλλά και έξω από αυτό. Διάφορες προσπάθειες γίνονται για την δημιουργία παγκοσμίως αποδεκτών "resource description formats" και την εξειδίκευσή τους για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω είναι:

- Η σημερινή χρήση των Εικονικών Εκπαιδευτικών Περιβαλλόντων δεν περιορίζεται μόνο σε καλά και σαφώς δομημένους πληροφοριακούς χώρους, αλλά το κριτήριο αυτό πρέπει να λαμβάνεται περισσότερο υπόψη, λόγω του γεγονότος ότι η διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού έχει γίνει πρωτεύων ζήτημα για τους παιδαγωγούς που ασχολούνται με τα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα.
- Οι ερευνητές πρέπει να κατανοήσουν καλύτερα την λειτουργική συνάφεια μεταξύ του τρόπου δόμησης και αναπαράστασης της πληροφορίας και του τρόπου χρήσης της σε στην εκπαιδευτική διαδικασία.

2.3 Κατάλληλος χώρος επικοινωνίας

Ένα βιβλίο πολύ δύσκολα θα μπορούσε να αποτελέσει ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον. Όμως το διάβασμα ενός βιβλίου σε ένα σεμινάριο, η συζήτηση με άλλους μαθητές, το γράψιμο μιας περίληψης για τον καθηγητή, κλπ. συνθέτουν ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον. Ομοίως, ένα σύνολο από ιστοσελίδες δεν αποτελεί ένα Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον αν δεν υπάρχει αλληλεπίδραση των χρηστών σχετικά με την παρεχόμενη εκπαιδευτική πληροφορία. Αυτό περιλαμβάνει διάφορους τύπους για την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών όπως:

- σύγχρονη (π.χ. chat) ή ασύγχρονη (π.χ. e-mail, forums)
- ένας - προς - ένας, ένας - προς - πολλούς ή πολλούς - προς - πολλούς
- επικοινωνία βασισμένη σε κείμενο ή με ήχο και βίντεο
- έμμεση επικοινωνία (π.χ. διαμοιραζόμενα αντικείμενα)

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό των εικονικών περιβαλλόντων, σε σχέση με άλλα περιβάλλοντα είναι ότι είναι populated , δηλαδή ότι οι χρήστες βρίσκονται στον πληροφοριακό χώρο και βλέπουν κάποια αναπαράστασή τους ή/και τους υπόλοιπους χρήστες στον ίδιο χώρο. Μόλις οι εκπαιδευόμενοι δουν τους υπόλοιπους χρήστες και την πληροφορία που τους ενδιαφέρει τότε ο πληροφοριακός χώρος μετατρέπεται σε χώρο για την αλληλεπίδραση των χρηστών. Για να δοθεί έμφαση σε έναν χώρο που επιτρέπει την αλληλεπίδραση των χρηστών έχει εισαχθεί ή έννοια "τόπος" (place). Οι τόποι είναι "περιβάλλοντα στα οποία αλληλεπιδρούν οι χρήστες" και παρέχουν αυτό που ονομάζεται "behavioural framing".

2.4 Πλήρης αναπαράσταση του χώρου

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την πλήρη αναπαράσταση ενός Εικονικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος. Το βασικό ζήτημα όμως δεν είναι η αναπαράσταση αυτή καθαυτή, αλλά οι εκπαιδευτικές δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει στους εκπαιδευόμενους. Έχει για παράδειγμα παρατηρηθεί ότι ένας εικονικός χώρος επηρεάζει την συμπεριφορά των χρηστών ακόμη και όταν ο χώρος αναπαρίσταται μόνο από κείμενο.

Ωστόσο, οι αναπαραστάσεις δεν είναι τόσο ασήμαντες, καθώς επιδρούν σημαντικά στην εργασία των εκπαιδευόμενων. Πιο συχνά το σκεπτικό της χρήσης τρισδιάστατων αναπαραστάσεων είναι ελκυστικό. Είναι δεδομένο ότι οι ευχάριστες αναπαραστάσεις προκαλούν θετική στάση σχετικά με το περιβάλλον. Στην πράξη, η επίδρασή τους στους εκπαιδευόμενους συνήθως δεν διαρκεί πάρα πολύ. Παρόλα αυτά, οι αναπαραστάσεις του χώρου έχουν επίδραση στην εκπαιδευτική διαδικασία πέρα από την ελκυστικότητά τους, όπως για παράδειγμα η δυνατότητα πλοήγησης σε αυτά.

Υπάρχουν πολλά απλά παραδείγματα, όπως ένα Εικονικό Μουσείο, για να επιδειχθεί ή επίδραση των εικονικών χώρων στην εκπαίδευση, αλλά το κυριότερο είναι η ύπαρξη διάφορων μηχανισμών με τους οποίους οι εικονικοί χώροι επιδρούν στις εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις. Όπως και σε άλλα περιβάλλοντα, η καλαισθησία και η ευχρηστία είναι σημαντικά και ενδιαφέροντα θέματα, αλλά το κύριο θέμα στον σχεδιασμό είναι το είδος της πληροφορίας που θα πρέπει να παρέχεται, για ποιους σκοπούς θα πρέπει να παρέχεται και ποια είναι η θεμελιώδης σχέση ανάμεσα στην χωροταξική αναπαράσταση και τον πληροφοριακό χώρο.

2.5 Ενεργητική συμμετοχή των χρηστών

Ενώ αρχικά τα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα περιορίζονταν σε φυσικά μοντέλα, σήμερα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πεδίων όπως οικονομικά, πολιτική, βιολογία κλπ. Ωστόσο, αυτό που είναι πιο σαφές στα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων στις οποίες οι εκπαιδευόμενοι κατασκευάζουν και διαμοιράζουν αντικείμενα. Πιο συχνά τα αντικείμενα αυτά είναι ιστοσελίδες, Δραστηριότητες σχετικές με την σύνταξη αναφορών, εφημερίδων κλπ., είναι πολύ δημοφιλείς στα σχολεία. Οι εκπαιδευόμενοι δεν περιορίζονται στην χρήση πληροφορίας που υπάρχει στο Διαδίκτυο, αλλά συμμετέχουν στην δημιουργία πληροφορίας.

Συνήθως η συγγραφική δραστηριότητα είναι αυτή καθεαυτή ένας εκπαιδευτικός στόχος, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι το τελικό σημείο που οδηγείται ένα σύνολο από προηγούμενες δραστηριότητες όπως επίσκεψη σε διάφορες ιστοσελίδες, παρατηρήσεις, πειράματα, συνεντεύξεις, επισκόπηση της βιβλιογραφίας, κλπ. Προκύπτει λοιπόν το συμπέρασμα ότι αυτή η δραστηριότητα θα πρέπει να ενσωματωθεί στα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα. Για παράδειγμα επιτρέποντας τους εκπαιδευόμενους να διαμοιράζονται πρόχειρες σημειώσεις ή επιτρέποντας τους καθηγητές να παρέχουν βιβλιογραφικές παραπομπές. Το κείμενο και οι ιστοσελίδες δεν είναι τα μοναδικά δομικά στοιχεία του περιβάλλοντος που μπορούν να δημιουργήσουν οι εκπαιδευόμενοι με ομαδική εργασία. Άλλα στοιχεία μπορούν να είναι προγράμματα υπολογιστών, γραφικά αντικείμενα ακόμη και το ίδιο το περιβάλλον. Με άλλα λόγια, η έννοια μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας στα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα αναφέρεται σε κάτι πιο σημαντικό και ουσιαστικό από μια σειρά μαθημάτων. Η διαφορά ανάμεσα στα άλλα κατασκευαστικά (constructivist) περιβάλλοντα και στο τι μπορούν να προσφέρουν τα εικονικά περιβάλλοντα, μπορεί να περιγραφεί στο ότι κάνουν τους εκπαιδευόμενους όχι μόνο παθητικούς, αλλά τους επιτρέπουν να συμμετέχουν στην δημιουργία του εικονικού χώρου.

2.5.1 Υποστήριξη τηλε-εκπαίδευσης και παραδοσιακής εκπαίδευσης

Η δικτυακή εκπαίδευση (web based education) συχνά σχετίζεται με την τηλε-εκπαίδευση, ενώ στην πραγματικότητα χρησιμοποιείται ευρέως και στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσα στην τάξη. Πράγματι, η διαφορά μεταξύ της τηλε-εκπαίδευσης και της εκπαίδευσης μέσα στην τάξη αρχίζει να εξαλείφεται για διάφορους λόγους.

- Πολλοί χρήστες δεν ζουν σε απόσταση από το σχολείο τους αλλά έχουν περιορισμούς σε σχέση με τον χρόνο (επειδή συνήθως εργάζονται). Η ασύγχρονη επικοινωνία τους παρέχει ελαστικότητα σε σχέση με τον χρόνο, κάτι που είναι πολύ σημαντικό στην σημερινή κοινωνία.
- Πολλά δικτυακά μαθήματα συνδυάζουν απόσταση και παρουσία, που κάνουν τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα πιο ολοκληρωμένα και αποτελεσματικά. Οποιαδήποτε τεχνολογία και εργαλεία και να χρησιμοποιούνται, έχουν εγγενείς περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί δημιουργούν εμπόδια στην μάθηση. Η αλληλεπίδραση και η επικοινωνία, ακόμη και σε μικρό βαθμό, μπορούν να επιλύσουν κάποια από τα προβλήματα που πολύ δύσκολα θα

επιλύονταν από απόσταση. Παραδείγματα είναι δραστηριότητες που απαιτούν παρουσία όπως: η οργάνωση μιας εργασίας και η σύνθετη τεχνική βοήθεια.

Τα θέματα αυτά είναι σημαντικά για την επαγγελματική εκπαίδευση, τα πανεπιστημιακά μαθήματα και την δια βίου εκπαίδευση. Σε σχολεία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ισχύει το αντίθετο: μέχρι τώρα, οι Internet-based δραστηριότητες υπάρχουν για να εμπλουτίσουν τις μαθησιακές διαδικασίες μέσα στην τάξη και όχι για να τις αντικαταστήσουν. Ο εμπλουτισμός αυτός μπορεί να είναι μια επιπλέον βοήθεια (για παράδειγμα οι καθηγητές μπορούν να υποδεικνύουν ιστοσελίδες που οι μαθητές θα πρέπει να διαβάσουν).

2.5.2 Ενσωμάτωση ετερογενών τεχνολογιών και διαφορετικών εκπαιδευτικών προσεγγίσεων

Ένα παραδοσιακό εκπαιδευτικό περιβάλλον ενσωματώνει, μαθήματα, διάφορες πηγές (βιβλιοθήκες), τυπική και μη τυπική επικοινωνία (π.χ. μέσα και έξω από μια σχολική τάξη), διεύθυνση κ.α. Ομοίως ένα Εικονικό Εκπαιδευτικό Περιβάλλον ενσωματώνει μια ποικιλία από εργαλεία τα οποία υποστηρίζουν διάφορες υπηρεσίες ή δραστηριότητες όπως επικοινωνία, πληροφορία, συνεργασία, μάθηση και διαχείριση. Αυτή καθεαυτή η ιδέα του "περιβάλλοντος" εμπεριέχει την έννοια της ενσωμάτωσης. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στα Εικονικά Πανεπιστήμια (virtual campus). Εξαιτίας του ευρύτερου σκοπού τους, τα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα πρέπει να παρέχουν και να υποστηρίζουν διοικητικές λειτουργίες όπως για παράδειγμα διαχείριση των χρηστών και των εγγραφών τους στα μαθήματα επιλογής τους κλπ. Τα εικονικά περιβάλλοντα πρέπει να αναπαράγουν την πλειοψηφία των λειτουργιών που υπάρχουν σε πραγματικά πανεπιστήμια: εγγραφή, βοήθεια, διασκέδαση κλπ. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών εφαρμόζεται επίσης και σε μικρότερα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (για παράδειγμα όταν ένας καθηγητής ετοιμάζει μια σελίδα για το μάθημά του, αυτή περιλαμβάνει υποδείξεις, chat, ερωτήσεις, χώρο για ανταλλαγή και διαμοίραση σημειώσεων κλπ.).

Η λέξη "ενσωματωμένος" (integrated) χρησιμοποιείται με πολλές διαφορετικές έννοιες. Υπάρχει η τεχνολογική και η παιδαγωγική ενσωμάτωση και κάθε μια από αυτές μπορεί να διαφέρει στον βαθμό ενσωμάτωσης. Η δικτυακή τεχνολογία (web technology) έχει ενσωματωθεί σε μεγάλο βαθμό. Διάφορα τμήματα λογισμικού μπορούν να τοποθετηθούν στην ίδια ιστοσελίδα, σε μικρότερο βαθμό ενσωμάτωσης. Για παράδειγμα ένα μικρό πρόγραμμα παρουσίασης διαφανειών μπορεί να εκτελείται και να εμφανίζεται στο πάνω μέρος μιας ιστοσελίδας και ένα πλαίσιο για σύγχρονη επικοινωνία (π.χ. chat) να εμφανίζεται στο κάτω μέρος της σελίδας έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να κάνουν ερωτήσεις. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η ολοκλήρωση περιορίζεται στο γεγονός ότι οι δύο εφαρμογές εμφανίζονται στο ίδιο παράθυρο (και όχι σε δύο διαφορετικά παράθυρα). Παρόλα αυτά, ο σχεδιασμός ενός τέτοιου δομημένου interface είναι ενδιαφέρον αφού ο χρήστης διευκολύνεται και δεν απαιτείται να εκτελέσει διάφορες εφαρμογές και να τις τοποθετήσει χωροταξικά στην οθόνη.

Ένας υψηλότερος βαθμός ολοκλήρωσης επιτυγχάνεται όταν οι εφαρμογές διαμοιράζονται ή ανταλλάσσουν δομές δεδομένων. Παραδείγματα είναι:

- Αν ο μαθητής πατήσει το help στο πρόγραμμα παρουσίασης διαφανειών ή αν

το πρόγραμμα από μόνο του ανακαλύψει ότι ο μαθητής χρειάζεται βοήθεια, ανοίξει το chat και αυτόματα στείλει στον καθηγητή ένα μήνυμα για βοήθεια μαζί με μια περίληψη των ενεργειών του μαθητή στο σύστημα.

- Αν ο μαθητής εισάγει μια ερώτηση, την οποία το πρόγραμμα δεν μπορεί να επεξεργαστεί, τότε η ερώτηση αυτή μεταβιβάζεται μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στον καθηγητή από τον οποίο ζητείται βοήθεια.

Τα παραπάνω παραδείγματα δείχνουν ότι η τεχνολογική ενσωμάτωση υποστηρίζει την παιδαγωγική ενσωμάτωση. Για παράδειγμα ο σχεδιαστής δεν πρέπει να επιλέξει ανάμεσα στην αυτό-εκμάθηση και την διδασκαλία με την βοήθεια του καθηγητή, αλλά να αποφασίσει να χρησιμοποιήσει και τις δύο, την αυτό-εκμάθηση σαν βάση και την διδασκαλία με την βοήθεια του καθηγητή όταν αυτή είναι απαραίτητη.

2.5.3 Ομοιότητες των ΕΕΠ με τα φυσικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα

Τα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα, όχι μόνο ενσωματώνουν διάφορα εργαλεία λογισμικού αλλά επίσης, ενσωματώνουν όλα τα φυσικά αντικείμενα και εργαλεία τα οποία βρίσκονται σε μια σχολική τάξη. Βέβαια, υπάρχουν ορισμένα εικονικά περιβάλλοντα τα οποία έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά και μόνο από απόσταση. Τα περισσότερα Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα περιλαμβάνουν:

- Διάφορες πηγές μάθησης που δεν είναι μηχανογραφημένες, όπως είναι τα βιβλία
- Διάφορες αλληλεπιδράσεις που δεν γίνονται μέσω υπολογιστή: προσωπική συζήτηση μεταξύ μαθητών, διαλέξεις καθηγητή, συζητήσεις ομάδων καθώς και παραδοσιακά μέσα διδασκαλίας όπως είναι η αλληλογραφία, η τηλεόραση το τηλέφωνο και το fax
- Διάφορες δραστηριότητες που δεν βασίζονται στην χρήση υπολογιστή

Παρόλο που είναι δύσκολο να καθοριστεί πλήρως τι είναι εικονικό και τι φυσικό περιβάλλον υπάρχει η ανάγκη να τεθεί ένα όριο ανάμεσά τους: η ιδέα είναι όχι να διαχωριστούν αλλά να ολοκληρωθούν. Η συνέχεια μεταξύ των φυσικών και των εικονικών αντικειμένων γίνεται ξεκάθαρη με την εμφάνιση υβριδικών εργαλείων που συνδέουν τους υπολογιστές με την πραγματικότητα όπως είναι.

2.5.4 Τεχνικές και σενάρια μάθησης

Η εκπαίδευση από απόσταση δυσκολεύει τόσο τους εκπαιδευόμενους στο να αφομοιώσουν το διδασκόμενο υλικό, όσο και τους εκπαιδευτές στο να μεταδώσουν τη γνώση στους εκπαιδευόμενους. Έτσι, για την παροχή υπηρεσιών μάθησης από απόσταση απαιτείται η ενσωμάτωση υπαρχόντων ή καινούριων τεχνολογιών στη διαδικασία μάθησης.

2.5.5 Χρήση παραδοσιακών εκπαιδευτικών τεχνικών στην εκπαίδευση από απόσταση

Το πρώτο βήμα πριν το σχεδιασμό ενός Εικονικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος είναι η διερεύνηση των παραδοσιακών εκπαιδευτικών τεχνικών όσον αφορά τη χρησιμότητα τους και την προσαρμοστικότητα τους στη μάθηση από απόσταση. Οι κυριότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι το Brainstorming/Roundtable, η εκπαίδευση ανά ζεύγη (Think pair share), ο διαχωρισμός σε ομάδες (Jigsaw), το Quickwrites/Microthemes και οι δομημένες ακαδημαϊκές συζητήσεις. Η χρήση των τεχνικών αυτών στην παραδοσιακή εκπαίδευση ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτής της εργασίας και για αυτό δεν θα παρουσιαστεί εδώ. Θα αναλυθεί όμως πώς κάθε μια από αυτές μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες της μάθησης από απόσταση. Πριν την ανάλυση αυτή, θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν ορισμένες απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να πληρούν οι χρήστες, εκπαιδευτές και εκπαιδευόμενοι, ώστε να είναι δυνατή η χρήση των προαναφερθέντων τεχνικών εκπαίδευσης σε ένα ΕΕΠ.

Αρχικά, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια τρισδιάστατη εικονική τάξη η οποία θα περιέχει και υπο-τμήματα (μικρότερες τάξεις) ώστε να είναι δυνατός ο διαχωρισμός των μαθητών σε ομάδες. Οι εκπαιδευτές και οι εκπαιδευόμενοι εκπροσωπούνται στον εικονικό κόσμο από ένα Avatar το οποίο μπορεί να κάνει διαφόρων τύπων χειρονομίες όπως έκφραση συναισθημάτων και έκφραση γνώμης. Ακόμη, τόσο το κυρίως τμήμα, όσο και τα υπο-τμήματα θα πρέπει να υποστηρίζουν δυνατότητα ηχητικής συνομιλίας (Audio communication), διαμοιρασμό εφαρμογών (application sharing) και ανταλλαγή γραπτών μηνυμάτων (chat). Ακόμη πρέπει να έχουν ένα προκαθορισμένο μέρος όπου οι χρήστες θα μπορούν να τοποθετούν εκπαιδευτικό και να το παρουσιάζουν στους υπόλοιπους συμμετέχοντες, όπως για παράδειγμα ένας πίνακας παρουσιάσεων (Presentation table). Τέλος, αν απαιτείται από την τεχνική μάθησης που θα χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να περιέχεται μια εξομοίωση ενός διαμοιραζόμενου πίνακα (whiteboard) ή ενός διαμοιραζόμενου brainstorming board.

- Brainstorming/Roundtable

Στην τεχνική αυτή, ο εκπαιδευτής αναφέρει ένα πρόβλημα προς επίλυση χρησιμοποιώντας μήνυμα ήχου ή ένα γραπτό μήνυμα. Οι εκπαιδευόμενοι αρχίζουν τότε να μοιράζονται τις ιδέες τους για την επίλυση του προβλήματος προσθέτοντας στο brainstorming board κάποιο κείμενο. Ταυτόχρονα με τη διαδικασία αυτή, εκπαιδευτές και εκπαιδευόμενοι μπορούν να συνομιλούν για περαιτέρω διευκρινήσεις και επεξηγήσεις με χρήση ηχητικών ή γραπτών μηνυμάτων. Αφού τοποθετηθούν όλες οι ιδέες στο brainstorming board, αρχίζει μια πιο προσεκτική επανεξέταση τους, απορρίπτοντας ή ενισχύοντας κάποιες από αυτές, ώστε σταδιακά να βρεθεί η λύση του προβλήματος.

- Εκπαίδευση ανά ζεύγη

Ο εκπαιδευτής τοποθετεί ένα ερώτημα ή ένα πρόβλημα ως ένα αρχείο πάνω στον πίνακα παρουσιάσεων ή με χρήση ηχητικού ή γραπτού μηνύματος. Ο κάθε εκπαιδευόμενος αρχίζει τότε να συνομιλεί μόνο με τον διπλανό του (whisper mode) και συζητούν μεταξύ τους το πρόβλημα. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας ένα ιδιωτικό κανάλι ηχητικής επικοινωνίας (audio whisper function) ή ένα ιδιωτικό κανάλι γραπτής επικοινωνίας (chat whisper function). Αφού παρέλθει ο χρόνος για

συζήτηση του προβλήματος, οι εκπαιδευόμενοι επανέρχονται στην κανονική τους λειτουργία (normal mode) όπου συζητούν όλοι μαζί τις απόψεις τους.

- Διαχωρισμός σε ομάδες

Ο διαδικασία διαχωρισμού σε ομάδες μπορεί να υλοποιηθεί μέσα σε ένα τρισδιάστατο εικονικό τμήμα το οποίο περιέχει ένα αριθμό υπο-τμημάτων. Σύμφωνα με αυτήν, ο εκπαιδευτής αναφέρει συνοπτικά τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί, διαχωρίζει τους εκπαιδευόμενους σε ομάδες και αναθέτει ένα θέμα σε κάθε ομάδα δίδοντας της ταυτόχρονα και το απαραίτητο συνοδευτικό εκπαιδευτικό υλικό. Ακολούθως στέλλει τις ομάδες στα υπο-τμήματα όπου ξεκινούν να συζητούν και να σχολιάζουν το θέμα που τους έχει ανατεθεί. Οι εκπαιδευόμενοι έχουν τη δυνατότητα να παραλάβουν από το υπο-τμήμα το εκπαιδευτικό υλικό που τους δόθηκε από τον εκπαιδευτή, να το τροποποιήσουν τοπικά στον ηλεκτρονικό υπολογιστή τους και να το τοποθετήσουν πίσω στο υπο-τμήμα ώστε να μπορούν και οι υπόλοιποι να δουν, να σχολιάσουν και να αναπτύξουν το τροποποιημένο υλικό.

- Quickwrites/Microthemes

Η διαδικασία και αυτής της τεχνικής μπορεί να υλοποιηθεί μέσα σε ένα τρισδιάστατο εικονικό κόσμο που περιέχει ένα αριθμό υπο-τμημάτων. Τόσο στο κυρίως τμήμα όσο και στα υπο-τμήματα, οι χρήστες μπορούν να κάνουν προφορικές συνομιλίες με χρήση ηχητικών μηνυμάτων, ανταλλαγή γραπτών μηνυμάτων και διαμοιρασμό εφαρμογών.

Σύμφωνα με το σενάριο αυτό, ο εκπαιδευτής παρουσιάζει στους εκπαιδευόμενους τα θέματα προς συζήτηση επάνω στον πίνακα παρουσιάσεων, τοποθετώντας ταυτόχρονα και το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό. Οι εκπαιδευόμενοι μεταφέρονται ακολούθως στα υπο-τμήματα και επικεντρώνονται στα κείμενα που τους αφορούν μεταφέροντας τα στον τοπικό ηλεκτρονικό τους υπολογιστή. Εκεί, εύκολα μπορούν να τα τροποποιήσουν, να τα αποθηκεύσουν και να τα μεταφέρουν πίσω στον εικονικό κόσμο. Ένα άτομο σε κάθε υπο-τμήμα διατηρεί ένα πρακτικό της συζήτησης της ομάδας το οποίο και τοποθετεί μέσα στον εικονικό κόσμο μετά το τέλος της συζήτησης. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής, ο εκπαιδευτής μπορεί να επισκεφθεί κάποιο υπο-τμήμα και να παρατηρήσει την πρόοδο της ομάδας. Μετά το τέλος της συζήτησης, οι ομάδες επανέρχονται στο κυρίως τμήμα όπου παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους στις υπόλοιπες ομάδες

- Δομημένες ακαδημαϊκές συζητήσεις

Απαιτείται και σε αυτή της τεχνική η ύπαρξη ενός εικονικό κόσμου που περιέχει ένα αριθμό υπο-τμημάτων. Όπως και προηγουμένως, οι χρήστες μπορούν να κάνουν προφορικές συνομιλίες με χρήση ηχητικών μηνυμάτων, ανταλλαγή γραπτών μηνυμάτων και διαμοιρασμό εφαρμογών τόσο στο κυρίως τμήμα όσο και στα υπο-τμήματα.

Για την υλοποίηση του σεναρίου αυτού, ο εκπαιδευτής τοποθετεί ένα θέμα προς συζήτηση παρουσιάζοντας δύο αντίθετες απόψεις επί του θέματος. Οι εκπαιδευόμενοι διαχωρίζονται σε ομάδες και μέσα σε κάθε ομάδα διαχωρίζονται σε δύο στρατόπεδα σύμφωνα με την άποψη που υποστηρίζουν. Ακολούθως μεταφέρονται στα υπο-τμήματα όπου συζητούν το θέμα αντιπαραθέτοντας τα επιχειρήματά τους. Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να τοποθετήσουν στον εικονικό κόσμο δικό τους υλικό το οποίο πιστεύουν ότι θα ισχυροποιήσει την άποψη τους. Κατά τη διάρκεια της συζήτησης, κάθε ομάδα προσπαθεί να υπερασπιστεί την άποψη της καταρρίπτοντας ή μειώνοντας τα επιχειρήματα της αντίπαλης ομάδας και ενδυναμώνοντας τα δικά της

επιχειρήματα. Στο τέλος της συζήτησης, η ομάδες διαμορφώνουν μια ενιαία αναφορά παρουσιάζοντας το αρχικό θέμα προς συζήτηση και τις απόψεις στις οποίες κατέληξαν.

2.6 Παρουσίαση Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μια σύντομη ανασκόπηση των υπαρχόντων συστημάτων που έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί για την υποστήριξη ΔΕΠ. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: (α) εμπορικά συστήματα τα οποία έχουν υλοποιηθεί από εταιρίες με σκοπό την εμπορική εκμετάλλευσή τους και (β) ερευνητικά συστήματα τα οποία είναι αποτελέσματα ερευνητικών προγραμμάτων και πανεπιστημίων. Στην αγορά υπάρχουν διαθέσιμα διάφορα εμπορικά πακέτα που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη πολυχρηστικών εικονικών περιβαλλόντων μέσω του Διαδικτύου. Τα πακέτα αυτά μπορούν να θεωρηθούν ως ολοκληρωμένες πλατφόρμες για ΔΕΠ και περιλαμβάνουν συνήθως έναν εξυπηρετητή και έναν browser, ένα εργαλείο για 3D modeling, μία βάση δεδομένων, αλλά και επιπλέον χαρακτηριστικά κατά περίπτωση. Γενικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι δεν υπάρχουν πολλές εμπορικά διαθέσιμες πολυχρηστικές πλατφόρμες για ΔΕΠ. Οι πιο ευρέως διαδεδομένες είναι: Active Worlds, Adobe Atmosphere, Blaxxun Platform, SCOL, SENSE8, Smart VR, DOVRE (Distributed Object-oriented Virtual Reality Environment), και ParallelGraphics. Τα εμπορικά προϊόντα στοχεύουν στην προσέλκυση όσο περισσότερων χρηστών είναι εφικτό, ακολουθώντας την στρατηγική "the more people, the better". Έτσι οι περισσότερες εμπορικές πλατφόρμες είναι αξιόπιστες και σχετικά εύκολες στην χρήση από τον τελικό χρήστη στοχεύοντας κυρίως στην ψυχαγωγία των τελικών χρηστών και στην παροχή υπηρεσίας συνομιλίας με κείμενο σε τρισδιάστατους εικονικούς χώρους (3D chat). Η γενικότητα που χαρακτηρίζει τις εμπορικές πλατφόρμες καθιστά πρώιμη την χρήση τους για εκπαιδευτικούς σκοπούς καθώς οι περισσότερες από αυτές δεν υποστηρίζουν επικοινωνία με ήχο, ενώ δεν εκμεταλλεύονται πλήρως τις δυνατότητες των avatars για επικοινωνία μεταξύ των χρηστών. Επιπλέον, αν και ορισμένες από τις εμπορικές πλατφόρμες παρέχουν βιβλιοθήκες για την επέκτασή τους και/ή την τροποποίησή τους, η ενσωμάτωση επιπλέον λειτουργικότητας κρίνεται αναποτελεσματική εξαιτίας του γεγονότος ότι οι περισσότερες πλατφόρμες δεν βασίζονται σε ανοιχτές τεχνολογίες και πρότυπα και επιπλέον οι βιβλιοθήκες, τα APIs και τα SDKs που παρέχουν, έχουν μεγάλο κόστος.

Λόγω των παραπάνω περιορισμών τους τα εμπορικά συστήματα δεν αναλύονται σε μεγάλο βαθμό στην παρούσα εργασία.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αρκετά ερευνητικά συστήματα για την ανάπτυξη εφαρμογών Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων, πολλά από τα οποία διατίθενται δωρεάν. Παρακάτω περιγράφονται τα πιο σημαντικά από αυτά παρουσιάζοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τόσο των ερευνητικών, όσο και λίγων εμπορικών συστημάτων.

2.6.1 Adobe Atmosphere

Το Adobe Atmosphere είναι ένα εμπορικό προϊόν της Adobe, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας και παρουσίασης τρισδιάστατων αλληλεπιδραστικών περιβαλλόντων. Αποτελείται βασικά από τρία τμήματα:

- Atmosphere Player: Ένα plug-in για τον web browser του χρήστη, το οποίο παρουσιάζει τον κόσμο στον χρήστη και του επιτρέπει να αλληλεπιδράσει με τα αντικείμενα και τους άλλους χρήστες.
- Atmosphere: Ένα εργαλείο δημιουργίας περιεχομένου (κόσμων) για χρήση με την πλατφόρμα.
- Atmosphere Collaboration Server: Ο εξυπηρετητής που φροντίζει για της συνοχής του κόσμου και το διαμοιρασμό αντικειμένων, για τη δημιουργία ενός συνεργατικού περιβάλλοντος. Μπορεί να γίνει χρήση του εξυπηρετητή της Adobe από τους πελάτες για να φιλοξενηθούν οι κόσμοι τους, ή κάποιος πελάτης μπορεί να αγοράσει ένα δικό του εξυπηρετητή από την Adobe.

Το Adobe Atmosphere υποστηρίζει ένα μεγάλο πλήθος χαρακτηριστικών, με στόχο τη χρήση μεγάλης ποικιλίας αλληλεπιδραστικού περιεχομένου. Το περιεχόμενο αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τρισδιάστατα αντικείμενα, ήχους, streaming audio και video, SWF animations (flash) και φυσικές συμπεριφορές, όλα ενσωματωμένα σε ένα ενιαίο περιβάλλον.

Τα περιβάλλοντα δημιουργούνται μέσα από το Atmosphere, δηλαδή τον editor της Adobe. Αυτό περιλαμβάνει τόσο τον γεωμετρικό σχεδιασμό, όσο και τη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των αντικειμένων και των αλληλεπιδράσεων. Το τελικό προϊόν μπορεί να ενσωματωθεί άμεσα, είτε σε μια ιστοσελίδα, είτε σε ένα έγγραφο pdf.

Προορισμός του Adobe Atmosphere είναι κατά κύριο λόγο ιστοσελίδες που αφορούν ηλεκτρονικό εμπόριο, τέχνες, εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, ψυχαγωγία, ή σελίδες που έχουν διαφημιστικούς σκοπούς.

Αλληλεπίδραση:

Η μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των αντικειμένων και των αλληλεπιδράσεων γίνεται με τη χρήση scripts γραμμένων σε Javascript. Το παρεχόμενο API δίνει τη δυνατότητα ελέγχου πολλών στοιχείων του κόσμου, όπως της κάμερας, των avatars και των κινήσεων και των χειρονομιών τους, καθώς και αρκετών χαρακτηριστικών των αντικειμένων.

Επιπλέον, η πλατφόρμα έχει ενσωματώσει την εμπορική μηχανή φυσικής Havok, η οποία χρησιμοποιείται ευρύτατα σε παιχνίδια υπολογιστών, και περιλαμβάνει ένα πλήθος περιορισμών (constraints), όπως ελατήρια, τροχούς, γωνιακούς περιορισμούς (angular constraints) κ.α. για τα αντικείμενα, τη δυνατότητα βασικής προσομοίωσης υγρών, ανέμου, συρσίματος (drag) και αρκετά ακόμα χρήσιμα χαρακτηριστικά.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Υποστηρίζεται chat μέσω απλού κειμένου, με τη δυνατότητα whisper, λειτουργίες kick και ban ώστε να αποβάλλονται χρήστες από έναν κόσμο και να εμποδίζονται να εισέλθουν ξανά, όπως και άλλες λειτουργίες διαχείρισης χρηστών. Επίσης, υποστηρίζονται χειρονομίες μεταξύ των avatars, για πιο φυσική επικοινωνία.

Άλλα χαρακτηριστικά:

Η συγκεκριμένη πλατφόρμα προσφέρει μια σειρά από ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά που αφορούν την εμφάνιση των τρισδιάστατων κόσμων. Έτσι, υποστηρίζονται δυναμικές σκιές, glare, ομίχλη, καθώς και ο στατικός φωτισμός των κόσμων από τον editor, με χρήση radiosity (ένας απαιτητικός αλγόριθμος που παρέχει φυσικά ορθό φωτισμό των κόσμων). Τα τρισδιάστατα αντικείμενα αποθηκεύονται σε ένα πολύ συμπιεσμένο format, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα streaming των αντικειμένων.

Τα άλλα μέσα που υποστηρίζονται περιλαμβάνουν ήχο σε μορφή WAV, MP3 και CEL (Adobe Audition), με δυνατότητα τρισδιάστατου ήχου, και βίντεο το οποίο μπορεί να βρίσκεται σε κάποιο από τα formats του QuickTime ή Windows Media.

2.6.2 Active Worlds

Το ActiveWorlds είναι μια εμπορική πλατφόρμα, η οποία πρωτοεμφανίστηκε το 1995. Παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να περιηγούνται σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα και να επικοινωνούν μεταξύ τους. Ένας χρήστης μπορεί να εισάγει στην πλατφόρμα τα δικά του αντικείμενα, τα οποία βελτιώνουν την εμφάνιση των κόσμων και μπορούν να έχουν μια στοιχειώδη λειτουργικότητα. Παρέχεται ένα SDK για την ανάπτυξη νέων αντικειμένων και τον ορισμό της συμπεριφοράς τους. Η ActiveWorlds Inc. παρέχει δωρεάν τον client, αλλά πουλά τους servers και την τεχνολογία για την ανάπτυξη εφαρμογών e-commerce, συνεργατικής μάθησης, ψυχαγωγίας ή διαφήμισης. Γενικά, είναι μια πλατφόρμα με σχετικά ικανοποιητικές δυνατότητες, ενώ από πλευράς εμφάνισης, τα σημάδια του χρόνου είναι εμφανή.

2.6.3 Blaxxun

Η Blaxxun Platform (τελευταία έκδοση 7) είναι μία πολυχρηστική πλατφόρμα που υποστηρίζει τη λειτουργία, διαχείριση και παρακολούθηση χρήσης εικονικών κόσμων που μπορούν να προσπελαστούν ταυτόχρονα από πολλούς χρήστες. Πρόκειται για ένα ανοικτό σύστημα που υποστηρίζει όλα τα σχετικά διαθέσιμα πρότυπα: HTML, VRML, Java, vCard, ActiveX, OCX, Direct3D και OpenGL και λειτουργεί σε συνδυασμό με τον client blaxxun Contact.

Η Blaxxun Platform 7 έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα:

- Είναι επεκτάσιμη, καθώς υποστηρίζει SMP (συμμετρική πολυεπεξεργασία) για την κατανομή του φορτίου σε περισσότερους εξυπηρετητές, με στόχο την εξυπηρέτηση μεγάλου αριθμού χρηστών
- Υποστηρίζει streaming media, όπως ήχο, video, αλλά και streaming 3d.
- Είναι επεκτάσιμη, με τη χρήση SDKs, τόσο από την πλευρά του server, όσο και του client
- Υποστηρίζει agents, παρέχοντας το αντίστοιχο SDK
- Παρέχει ένα προηγμένο σύστημα διαχείρισης χρηστών, με συγκεκριμένους ρόλους και δικαιώματα για κάθε χρήστη
- Είναι cross-platform, καθώς υποστηρίζονται πολλά λειτουργικά
- Παρέχει αρκετές έτοιμες λειτουργίες, που μπορούν να ενσωματωθούν στα εικονικά περιβάλλοντα χωρίς κόπο

Πρέπει βέβαια να αναφέρουμε πως η πλατφόρμα αυτή της Blaxxun είναι ένα εμπορικό προϊόν, με μεγάλο κόστος.

2.6.4 DIVE

Το DIVE (Distributed Interactive Virtual Environment) είναι ένα πολυχρηστικό σύστημα εικονικής πραγματικότητας, προορισμένο για το internet, που αναπτύχθηκε στο Σουηδικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών (Swedish Institute of Computer Science - SICS). Στόχος του είναι να παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες να περιηγηθούν σε εικονικά περιβάλλοντα, να δουν άλλους χρήστες και να αλληλεπιδράσουν μαζί τους. Το DIVE είναι μια ερευνητική πλατφόρμα, η οποία είναι πλέον αρκετά παλιά -και ίσως παρωχημένη- καθώς πρωτοεμφανίστηκε το 1991.

Η αρχιτεκτονική του DIVE ακολουθεί μια peer-to-peer λογική. Δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός εξυπηρετητής, και οι κόμβοι επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας multicast, είτε αξιόπιστο είτε αναξιόπιστο, βασισμένο στο IP multicast. Διαισθητικά, η διαμοιραζόμενη κατάσταση μπορεί να θεωρηθεί ως μια μνήμη, η οποία διαμοιράζεται στο δίκτυο, ενώ οι διεργασίες αλληλεπιδρούν κάνοντας ταυτόχρονες προσπελάσεις στη μνήμη αυτή. Η συνοχή και ο συγχρονισμός των διαμοιραζόμενων δεδομένων εξασφαλίζεται με τη χρήση των αξιόπιστων πρωτόκολλων multicast. Για κάθε αντικείμενο στην πλατφόρμα, διατηρούνται πολλά αντίγραφα του σε διάφορους κόμβους του δικτύου. Κάθε αντίγραφο διατηρείται συνεπές, καθώς ανανεώνεται συνεχώς από τα events που έρχονται μέσω του δικτύου. Τα μηνύματα ανανέωσης στέλνονται μέσω multicast, έτσι ώστε όλοι οι κόμβοι να εκτελούν την ίδια αλληλουχία ανανεώσεων. Η υπάρξη αντιγράφων επιτρέπει να παραμένουν τα αντικείμενα στον κόσμο, έστω και αν ο κόμβος που τα δημιούργησε αποσυνδεθεί.

Η δυναμική συμπεριφορά των αντικειμένων στο DIVE ορίζεται με τη χρήση Tcl scripts. Τα scripts αυτά ενεργοποιούνται από γεγονότα που διαμοιράζονται μέσω του δικτύου, αλλά κάθε script εκτελείται τοπικά.

Οι συμμετέχοντες σε έναν εικονικό κόσμο μπορούν να περιηγηθούν μέσα σε αυτόν, να συναντήσουν άλλους χρήστες και να συνεργαστούν με αυτούς, αλλά και με εφαρμογές. Κάθε συμμετέχων σε έναν κόσμο καλείται actor. Ένας actor μπορεί να είναι είτε ένας ανθρώπινος χρήστης, είτε μια αυτοματοποιημένη διεργασία. Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια πληθώρα από συσκευές εισόδου/εξόδου, όπως γυαλιά εικονικής πραγματικότητας και γάντια (data gloves) για να αλληλεπιδράσουν με τον κόσμο, να πιάσουν αντικείμενα κτλ. Η πλατφόρμα αναλαμβάνει την αντιστοίχιση των κινήσεων του χρήστη σε γεγονότα μέσα στο εικονικό περιβάλλον.

Κύρια πλεονεκτήματα του DIVE είναι τα παρακάτω:

- Παρέχει δυνατότητα για ανάπτυξη εφαρμογών και μεταφερσιμότητα.
- Αποσύνδεση των κύριων εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν στο εικονικό περιβάλλον με την χρήση μιας σειράς εργαλείων Tcl/DIVE και ενός συνόλου από προγράμματα εφαρμογών.

Κύρια μειονεκτήματα του DIVE είναι τα παρακάτω:

- Ο προγραμματισμός και η υλοποίηση νέων εφαρμογών απαιτεί καλή γνώση του παραπάνω toolkit.
- Δεν παρέχει καλή γραφική αναπαράσταση των χρηστών, ούτε και

αποτελεσματικούς μηχανισμούς για την επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων κόμβων.

Συμπερασματικά, το DIVE αποτελεί μια αξιόπιστη ερευνητική, πλατφόρμα για την υποστήριξη πολυχρηστικών εφαρμογών σε τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα. Ωστόσο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα για την παροχή εκπαιδευτικών εφαρμογών καθώς η ενσωμάτωση νέων εφαρμογών αποτελούν επίπονη και σύνθετη εργασία. Επίσης το DIVE δεν εκμεταλλεύεται πλήρως τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα avatars, καθώς η γραφική αναπαράσταση των χρηστών είναι απλοϊκή.

2.6.5 BrickNet

Το BrickNet αναπτύχθηκε από το Institute of Systems Science στο National University of Singapore. Είναι ένα κατανεμημένο object-oriented VR σύστημα υλοποιημένο σε C και Starship (μια object-oriented, frame-based interpreted γλώσσα γενικού σκοπού). Βασίζεται σε αρχιτεκτονική client-server και τρέχει σε ένα δίκτυο από σταθμούς εργασίας Silicon Graphics. Το BrickNet έχει ένα διαφορετικό μοντέλο εικονικού κόσμου σε σχέση με τα περισσότερα πολυχρηστικά VR συστήματα. Κάθε BrickNet client ορίζει το δικό του εικονικό κόσμο και ένα τοπικό χρήστη σε αυτόν τον κόσμο και μπορεί να γεμίζει τον κόσμο αυτό με διάφορα αντικείμενα που παρέχονται από το BrickNet. Έτσι, το BrickNet υλοποιεί αρκετούς μονοχρηστικούς κόσμους οι οποίοι μπορεί να διαμοιράζονται κάποια αντικείμενα.

Κύριο πλεονέκτημα του BrickNet είναι το ότι καταφέρνει να μειώνει τον φόρτο της δικτυακής επικοινωνίας στην φάση της εξομοίωσης, με αύξηση του κόστους στην αρχικοποίηση/downloading τμήματος της συνόδου.

Κύρια μειονεκτήματα του BrickNet είναι τα παρακάτω:

- Παραμένει ανικανοποίητη η απαίτηση για αξιόπιστο συγχρονισμό, ενώ δεν καθορίζεται ποια μέθοδος θα μειώσει τις συνολικές δικτυακές απαιτήσεις.
- Η συμπεριφορά των χρηστών πρέπει να υλοποιηθεί σε μια συγκεκριμένη γλώσσα (Starship), περιορίζοντας έτσι την γενικότητα του συστήματος.
- Συμπερασματικά το BrickNet δεν ενδείκνυται για την υποστήριξη ΕΕΠ λόγω του ότι ο μη αξιόπιστος συγχρονισμός των εικονικών περιβαλλόντων έχει σαν αποτέλεσμα την έλλειψη της συνοχής του εικονικού χώρου και κατ' επέκταση την αποστροφή των χρηστών από την χρήση μη αξιόπιστων συστημάτων.

2.6.6 NPSNET

Το NPSNET αναπτύχθηκε στο Naval Postgraduate School των Η.Π.Α. και είναι ένα δικτυακό VR σύστημα σχεδιασμένο για στρατιωτικές εκπαιδεύσεις και προσομοιώσεις με στόχο την υποστήριξη πολύ μεγάλου αριθμού χρηστών. Το NPSNET χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο DIS (Distributed Interactive Simulation) για την επικοινωνία μεταξύ οντοτήτων που λαμβάνουν μέρος σε μια προσομοίωση. Στο NPSNET κάθε χρήστης έχει το δικό του σταθμό εργασίας, ο οποίος εκτελεί ένα σύνολο διεργασιών οι οποίες συνεργάζονται μεταξύ τους για να διαχειριστούν την τοπική προσομοίωση. Υπάρχουν ξεχωριστές διεργασίες, που ονομάζονται threads, οι

οποίες διαχειρίζονται τις δικτυακές επικοινωνίες και την οπτικοποίηση του περιβάλλοντος από την οπτική γωνία του χρήστη.

Κύρια πλεονεκτήματα του NPSNET είναι τα παρακάτω:

- Επιτυγχάνει να υποστηρίζει Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας χρησιμοποιώντας υπολογιστικά συστήματα και δίκτυα γενικού σκοπού καθώς και ένα τυποποιημένο πρωτόκολλο επικοινωνίας (DIS).
- Χρησιμοποιώντας μια πολυδιεργασιακή (multithreaded) προσέγγιση, διευκολύνει την αποτελεσματική υπολογιστική διαδικασία σε πολυεπεξεργαστικές αρχιτεκτονικές.
- Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα σύνολο από τεχνικές για την αλληλεπίδραση και την εισαγωγή του ρόλου του στο εικονικό περιβάλλον.

Κύρια μειονεκτήματα του NPSNET είναι τα παρακάτω:

- Υπάρχει έλλειψη ιδιοτήτων για γενικότητα και συναρμολογοσιμότητα (στοχευόμενη εφαρμογή, κλπ.), μεταφερσιμότητα (τρέχει σε SGI υπολογιστικά συστήματα με την χρήση προκαθορισμένων συσκευών εισόδου), και ταχύτητα υλοποίησης νέων εφαρμογών.
- Η διαχείριση της κίνησης στο δίκτυο από το DIS στο επίπεδο εφαρμογών δημιουργεί επιπλέον πολυπλοκότητα και απαιτεί μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ.

Συμπερασματικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το NPSNET αποτελεί μια από τις πιο ενδιαφέρουσες ερευνητικές πλατφόρμες ΔΕΠ. Ωστόσο έχει σχεδιαστεί για την υποστήριξη ΔΕΠ ευρείας κλίμακας κάτι το οποίο δεν είναι απαραίτητο στα ΕΕΠ όπως αυτά έχουν οριστεί. Αν και το χαρακτηριστικό αυτό καθεαυτό δεν αποτελεί μειονέκτημα του NPSNET, ωστόσο οδηγεί σε μεγάλη πολυπλοκότητα των εικονικών χώρων και επιπλέον σε αυξημένες απαιτήσεις από το σύστημα του τελικού χρήστη. Εξετάζοντας λοιπόν την αναλογία κόστους/απόδοσης προτείνεται να μην χρησιμοποιείται το NPSNET για εφαρμογές ΕΕΠ όπως αυτά έχουν οριστεί στην παρούσα εργασία.

2.6.7DVS

Το distributed Virtual Environment System (dVS) είναι λογισμικό το οποίο έχει αναπτυχθεί για να ικανοποιήσει μια ποικιλία από διαφορετικές παράλληλες αρχιτεκτονικές. Το dVS υποστηρίζει διάφορα δίκτυα και διάφορα πολυεπεξεργαστικά ή μονοεπεξεργαστικά συστήματα. Το σύστημα αυτό έχει σαν στόχο να παρέχει διάφορα modules για την δημιουργία και την αλληλεπίδραση με εικονικά πρωτότυπα από Computer Aided Design (CAD) προϊόντα. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται στην διάσπαση του περιβάλλοντος σε έναν αριθμό από αυτόνομες οντότητες και την παράλληλη λειτουργία τους. Το λογισμικό του dVS έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Υποστηρίζει ένα παράλληλο μοντέλο επεξεργασίας.
- Είναι σχεδιασμένο για να διευκολύνει την κατασκευή εικονικών περιβαλλόντων παρέχοντας αναβαθμισμένες διεπαφές χρήστη (user-interfaces).
- Παρέχει επεκτασιμότητα και ανοιχτή πλατφόρμα.

- Συνδυάζει απαιτήσεις, όχι μόνο για εξομοίωση κατανεμημένων γεγονότων αλλά και για έλεγχο στον πραγματικό κόσμο.
- Είναι ανοιχτό σύστημα.
- Υποστηρίζει πολλούς ταυτόχρονους χρήστες.

Οι βασικές λειτουργικότητες του dVS είναι rendering, χωροταξικός ήχος, ανίχνευση συγκρούσεων, διαχείριση αντικειμένων με χρήση συσκευών εισόδου. Οι παραπάνω λειτουργικότητες μπορούν να επεκταθούν με επιπλέον λειτουργικότητες προσθέτοντας νέους εξυπηρετητές.

Κύρια πλεονεκτήματα του dVS είναι:

- Ευχρηστεία: ένα εργαλείο για δημιουργία CAD μοντέλων μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί από το σύστημα και να εκμεταλλευτεί τις παρεχόμενες λειτουργικότητες.
- Μεταφερσιμότητα (τρέχει σε SGI υπολογιστικά συστήματα και σε PCs).
- Αποτελεσματικότητα (τα τμήματά του έχουν βελτιστοποιηθεί για την καλύτερη χρήση του υπολογιστικού συστήματος στο οποίο εκτελούνται).

Κύρια μειονεκτήματα του dVS είναι:

- Η τρέχουσα έκδοση του συστήματος δεν έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει πολυχρηστικές εφαρμογές με δυναμικό αριθμό συμμετεχόντων και ενσωμάτωση διαφορετικών εφαρμογών.
- Δεν είναι δυνατόν για δύο κατασκευαστές εφαρμογών να συνδέσουν τα προγράμματά τους που έχουν σχέση με το animation στον ίδιο εικονικό κόσμο.
- Δεν παρέχονται μηχανισμοί στους συμμετέχοντες για να μεταδώσουν την γραφική τους αναπαράσταση (avatars) στους απομακρυσμένους συμμετέχοντες: τα αρχεία των avatars θα πρέπει να γίνουν προϋπάρχουν στους απομακρυσμένους κόμβους (συνήθως χρησιμοποιώντας FTP πριν την σύνδεση στον εικονικό κόσμο.)
- Δεν υπάρχει η δυνατότητα για ρύθμιση της κίνησης του avatar έτσι ώστε να κάνει χειρονομίες.

Συμπερασματικά, το dVS αποτελεί μια αξιόπιστη και επεκτάσιμη ερευνητική, πλατφόρμα για την υποστήριξη πολυχρηστικών εφαρμογών σε τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα. Ωστόσο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα για την παροχή εκπαιδευτικών εφαρμογών καθώς δεν εκμεταλλεύεται πλήρως τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα avatars, καθώς η διαμοίραση της γραφικής αναπαράστασης των χρηστών γίνεται υπό προϋποθέσεις, ενώ τα avatars δεν υποστηρίζουν χειρονομίες που είναι απαραίτητες για την επικοινωνία των χρηστών στα ΕΕΠ.

2.6.8 MASSIVE I, II & III

Το MASSIVE (Model, Architecture and System for Spatial Interaction in Virtual Environments) είναι ένα σύστημα για παροχή τηλεδιάσκεψης με χρήση εικονικής πραγματικότητας. Βασικοί στόχοι κατά την υλοποίηση του MASSIVE είναι:

- Η υλοποίηση ενός χωροταξικού μοντέλου αλληλεπίδρασης για ομαδική εργασία.
- Η αποτίμηση των Διαμοιραζόμενων Εικονικών Περιβαλλόντων σαν μέσα για τηλεδιάσκεψη και ομαδική εργασία.
- Η επεκτασιμότητα του συστήματος για ευρεία χρήση (100-1000 ταυτόχρονοι χρήστες).
- Ένα πολυχρηστικό, πολυμεσικό VR σύστημα το οποίο θα αναπτυχθεί με βάση το χωροταξικό μοντέλο επικοινωνίας (spatial model of communication).
- Η χρήση του χωροταξικού μοντέλου αλληλεπίδρασης για την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων.

Το σύστημα βασίζεται στις έννοιες aura, focus και nimbus:

- Aura: καθορίζει τον όγκο του χώρου στον οποίο μπορούν να συμβούν αλληλεπιδράσεις (τα αντικείμενα μπορούν να αλληλεπιδράσουν αν τα auras τους συγκρούονται).
- Focus: καθορίζει το οπτικό πεδίο των συμμετεχόντων.
- Nimbus: καθορίζει τον χώρο που τα αντικείμενα μπορούν να γίνουν αισθητά.

Μέχρι σήμερα έχουν υλοποιηθεί τρεις εκδόσεις για το MASSIVE: MASSIVE I, II και III.

Κύρια πλεονεκτήματα του MASSIVE είναι:

- Οι συμμετέχοντες μπορούν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικό εξοπλισμό (από υψηλής απόδοσης γραφικά μέχρι διαπαφές χρηστών που βασίζονται μόνο σε κείμενο), να αναπαρίστανται στο ίδιο εικονικό περιβάλλον και να επικοινωνούν.
- Το χωροταξικό μοντέλο αλληλεπίδρασης επιτρέπει την αναπαράσταση των αλληλεπιδράσεων στον πραγματικό κόσμο και την αλληλεπίδραση μεταξύ των συμμετεχόντων.

Κύριο μειονέκτημα του MASSIVE αποτελεί το γεγονός ότι η ανάπτυξη νέων περιβαλλόντων είναι μια χρονοβόρα διαδικασία. Επιπλέον δεν παρέχονται λεπτομέρειες για τον τρόπο υλοποίησης της αναπαράστασης των χρηστών.

Συμπερασματικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το MASSIVE αποτελεί μια από τις πιο ενδιαφέρουσες ερευνητικές πλατφόρμες ΔΕΠ για την υποστήριξη ΕΕΠ. Ωστόσο η σύνθετη και χρονοβόρα διαδικασία δημιουργίας εικονικών περιβαλλόντων καθιστά απαγορευτική την εκμετάλλευση του MASSIVE για εφαρμογές ΕΕΠ όπως αυτά έχουν οριστεί στην παρούσα εργασία.

2.7 Εισαγωγή στο *SECOND LIFE*

Το Second Life είναι ένα project που δόθηκε στο κοινό το Μάρτιο του 2002 από την Linden Lab, που εδρεύει στο Σαν Φρανσίσκο, και ιδρύθηκε το 1999 από τον Philip Rosedale. Αυτός οραματίστηκε έναν εικονικό κόσμο όπου οι χρήστες μπορούν να ψηφιοποιήσουν τα πάντα και να συνεργαστούν σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον, που θα χτιζόταν από τους ίδιους τους χρήστες.

Είναι ένα διαδικτυακό, τρισδιάστατο, πολυχρηστικό, εικονικό περιβάλλον (Multi-user Virtual Environment, MUVE), στο οποίο avatars (εικονικές αναπαραστάσεις των παικτών) αλληλεπιδρούν μέσω επικοινωνίας, μάθησης, εξερεύνησης, παιχνιδιού και εμπορικών δραστηριοτήτων. Είναι ένα δωρεάν πρόγραμμα για τον υπολογιστή που επιτρέπει στους χρήστες, με την εγκατάσταση του προγράμματος και την εγγραφή τους στο παιχνίδι, να “γίνουν” όπως ακριβώς θέλουν. Με ένα απλό avatar και με μια μηνιαία συνδρομή 10 περίπου δολαρίων θεωρείται κάποιος μόνιμος κάτοικος μιας εικονικής χώρας. Μέσα σε λίγα λεπτά και μέσα από εκατοντάδες παραμετροποιήσεις μπορεί ο καθένας να κάνει τον εικονικό του εαυτό όπως θέλει, από χρώμα δέρματος μέχρι πυκνότητα μαλλιών. Το Second Life είναι ένας ψηφιακός κόσμος εξ’ ολοκλήρου δημιουργημένος από τους κατοίκους του και σήμερα έχει περισσότερους από ένα εκατομμύριο ψηφιακούς κατοίκους.

Κάθε φορά που μπαίνει ένας παίκτης στο παιχνίδι μπορεί να δει ότι το περιβάλλον έχει αλλάξει ή μπορεί να δει νέα μέρη, αντικείμενα και ανθρώπους που πριν δεν υπήρχαν. Ο κόσμος του Second Life είναι το πιο σημαντικό κομμάτι του παιχνιδιού. Αλλάζει συνεχώς και αυτό γιατί χιλιάδες νέοι κάτοικοι μπαίνουν στο παιχνίδι δημιουργώντας έναν ήρωα (avatar), οι χαρακτήρες αυτοί εξερευνούν τον κόσμο, ανακαλύπτουν όλους τους τρόπους διασκέδασης, ενώ τα εργαστήρια Linden (Linden Labs) δημιουργούν συνεχώς νέες επιφάνειες με γη προς αξιοποίηση. Στον κόσμο αυτό μπορεί να κάνει φίλους και να επικοινωνεί με αυτούς μέσω άμεσων μηνυμάτων που χωρίζονται σε προσωπικά και ανοικτά, να ακούσει μουσική, να φτιάξει κατοικίες και τοποθεσίες, να ξοδεύει πραγματικά χρήματα σε εικονική γη και αντικείμενα, να κάνει τις δικές του εταιρείες. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν, να κοινωνικοποιηθούν να συμμετέχουν σε ατομικές και ομαδικές δραστηριότητες και να ανταλλάξουν αντικείμενα (ψηφιακά) και υπηρεσίες με άλλους.

Το Second Life είναι ένας παιχνιδοχώρος, όπου όλοι οι τύποι ανθρώπινης αλληλεπίδρασης μπορούν να δοκιμαστούν, χωρίς τις αρνητικές συνέπειες που θα είχαν στην πραγματική ζωή. Είναι ένα ασφαλές μέρος για να αποτύχει κάποιος, να διατηρήσει την ανωνυμία του, να ανακαλύψει τον εαυτό του και τους άλλους. Διαθέτει ιδιωτικούς και δημόσιους χώρους, επιτρέπει δομημένες και γραμμικές εμπειρίες αλλά και πιο ελεύθερες και ανοικτές.

Αρκετοί έχουν κατηγορήσει το Second Life ότι “παρασύρει” ομάδες χρηστών, μετατρέποντάς τους σε εθισμένους με το Internet. Πάντως, η συνολική εντύπωση από το Second Life φαίνεται να είναι θετική. Αν και κάποιοι κάτοικοι είχαν αρνητικές εμπειρίες, οι περισσότεροι μένουν στις θετικές, οι οποίες συχνά προσφέρουν και δυνατότητες εκπαίδευσης και μάθησης.

2.7.1Η Εκπαίδευση στο SECOND LIFE

Το Second Life είναι ιδανικό μέρος για μάθηση καθώς χρησιμοποιείται ως πλατφόρμα για την εκπαίδευση από πολλά ινστιτούτα, όπως τα κολέγια, τα πανεπιστήμια και τις βιβλιοθήκες.

Η δημιουργία και η ανάπτυξη ψηφιακών κόσμων στο διαδίκτυο, όπως το Second Life, έχουν προσελκύσει διάφορα εκπαιδευτικά ιδρύματα τα οποία χρησιμοποιούν αυτό τον εικονικό κόσμο για να συγκεντρώσουν τους μαθητές τους και να κάνουν εκεί εικονικά μαθήματα. Αυτό το περιβάλλον προσφέρει στους φοιτητές τη δυνατότητα σύγχρονης εξ αποστάσεως εκπαίδευσης με τη βοήθεια ήχου και γραπτής online συνομιλίας, και παράλληλα τους βοηθάει να αναπτύξουν το αίσθημα της “κοινότητας” και να κοινωνικοποιηθούν. Ειδικοί προβλέπουν ότι η μελλοντική τάξη δε θα βρίσκεται σε ένα Πανεπιστήμιο, αλλά στον ψηφιακό κόσμο του Second Life και οι εκπαιδευόμενοι θα χειρίζονται την εικονική τους μορφή με το πληκτρολόγιο.

Εκπαιδευτικοί και ερευνητές προτιμούν την ανάπτυξη ψηφιακών εικονικών μαθημάτων στο Second Life επειδή είναι πιο προσωπική από την παραδοσιακή από απόσταση εκμάθηση. Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Second Life για να δημιουργήσουν ένα ασφαλές περιβάλλον, ώστε να ενισχύσουν την εμπειρική εκμάθηση. Μέσα σε αυτό το περιβάλλον τα άτομα ασκούνται σε δεξιότητες πρακτικής, δοκιμάζουν τις νέες ιδέες και μαθαίνουν από τα λάθη τους.

Περισσότεροι από εξήντα οργανισμοί έχουν ενταχθεί στο Second Life αναζητώντας τρόπους που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προώθηση της μάθησης. Το Πανεπιστήμιο του Ohio είναι ένα από τα πρώτα που έκανε την εμφάνισή του διοργανώνοντας εικονικά μαθήματα σε ψηφιακές τάξεις. Οι επισκέπτες στο Πανεπιστήμιο μπορούν να παρακολουθήσουν μαθήματα, να εξερευνήσουν πάρκα και κτίρια και να ενταχθούν σε φοιτητικές οργανώσεις. Ο υπεύθυνος για το πρόγραμμα Christopher Keesey αναφέρει πως σκοπός του Πανεπιστημίου είναι να εμπλουτίσει τη διδασκαλία που υπάρχει σήμερα στις τάξεις, με εκπαιδευτικά παιχνίδια, φοιτητικές οργανώσεις και καλλιτεχνικές εμπειρίες.

Η εταιρεία Linden Lab, προσπαθώντας να προσελκύσει περισσότερους καθηγητές που επιθυμούν να πειραματιστούν με τη μέθοδο διδασκαλίας μέσω του

περιβάλλοντος του Second Life, έχει δημιουργήσει ένα καινούριο πρόγραμμα, το «Campus: Second Life», που απευθύνεται σε Πανεπιστήμια. Το πρόγραμμα αυτό παρέχει μια ισχυρή πλατφόρμα για τη διαλογική εμπειρία. Τουλάχιστον 300 πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο διδάσκουν τις σειρές μαθημάτων ή πραγματοποιούν την έρευνα στο Second Life, φέρνοντας μια νέα διάσταση στην εκμάθηση. Επίσης, έχουν προκύψει νέα εκπαιδευτικά ιδρύματα που αναπτύσσουν δραστηριότητες αποκλειστικά μέσα στο Second Life, εκμεταλλευόμενα την πλατφόρμα αυτή, για να παραδώσουν μια υψηλής ποιότητας υπηρεσία σε ένα παγκόσμιο ακροατήριο με χαμηλό κόστος.

Η εκπαιδευτική χρήση του Second Life έχει αρκετά οφέλη. Πρώτα και κύρια είναι ότι εκπαιδευόμενοι και εκπαιδευτές απεικονίζονται εικονικά στον τρισδιάστατο κόσμο (avatars), κάτι που καθιστά την όλη εμπειρία πιο ρεαλιστική, και ενισχύει την αίσθηση της κοινότητας. Επίσης, περιορίζει την επικοινωνία που βασίζεται μόνο στο κείμενο. Η εμπύθιση, η πειραματική μάθηση και η δέσμευση, που είναι τρία από τα ισχυρότερα κίνητρα στη μάθηση και τη διδασκαλία, ενυπάρχουν στο Second Life. Όλα αυτά μπορούν να οδηγήσουν σε μια εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης, όπου η γνώση θεωρείται προϊόν συλλογικής δραστηριότητας παρά ατομική γνωστική διαδικασία.

Στο Second Life εκπαιδευόμενοι και εκπαιδευτές μπορούν να συνεργαστούν σε δραστηριότητες, όπως η επίλυση προβλημάτων και η λήψη αποφάσεων. Επιπλέον, καθώς το Second Life παρέχει στους κατοίκους του πολλές ευκαιρίες επικοινωνίας μέσω μηνυμάτων κειμένου, chats και φωνής, οι βασικές γλωσσικές δεξιότητες (ανάγνωση, γραφή, ομιλία, ακρόαση) μπορούν να εξασκηθούν σε συνδυασμό με συλλογή δεδομένων (γλωσσικοί τύποι, διάλογοι, στοιχεία διαπολιτιστικής επικοινωνίας, συνεντεύξεις, παρατηρήσεις).

Πριν το σχεδιασμό δραστηριοτήτων και την είσοδο των μαθητών στο περιβάλλον του Second Life, ο εκπαιδευτής πρέπει να σκεφτεί και να δώσει απαντήσεις σε μια σειρά από ερωτήματα όπως, ποιοι είναι οι στόχοι της διδακτικής παρέμβασης, τι δραστηριότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη αυτών των στόχων, τι γνωρίζουν οι μαθητές για το Second Life, πως αξιολογούνται οι δραστηριότητες και η μάθηση, ποια προβλήματα μπορεί να προκύψουν κτλ. Όταν οι μαθητές εισέρχονται στο Second Life, είναι σημαντικό να περάσουν σημαντικό χρόνο εξερευνώντας το περιβάλλον και τις δυνατότητες που αυτό προσφέρει. Για παράδειγμα, ένας χάρτης στο Second Life επιτρέπει στους χρήστες να επιλέξουν τοποθεσίες και να τηλεμεταφερθούν σ' αυτές, ή βάσει λέξεων – κλειδιών που βρουν τοποθεσίες που τους ενδιαφέρουν. Μόλις οι μαθητές εξοικειωθούν με το Second Life, ο εκπαιδευτής πρέπει να συζητήσει μαζί τους, τους όρους χρήσης που έχουν τεθεί από την Linden Lab και να τους εξηγήσει τον κώδικα συμπεριφοράς και δεοντολογίας που ισχύει στο περιβάλλον.

Το Second Life, είναι ένας νέος κόσμος με απεριόριστες δυνατότητες, ειδικά για την εκπαίδευση, αλλά όπως συμβαίνει με κάθε καινοτομία υπάρχουν ορισμένα

προβλήματα. Ένα παράδειγμα είναι το αίσθημα της αποξένωσης που οι νέοι κάτοικοι μπορεί να έχουν αρχικά. Η τεχνολογική πλευρά επίσης, μπορεί να είναι κοπιώδης και απαιτητική και για τους εκπαιδευτές και για τους μαθητές, καθώς στο Second Life προστίθενται νεότερα πληροφοριακά στοιχεία σε εβδομαδιαία βάση, κάτι που σημαίνει ότι οι ενημερώσεις πρέπει να μεταφορτώνονται συνέχεια στους υπολογιστές. Τέλος, επειδή το Second Life είναι ένα ανοικτό περιβάλλον, οτιδήποτε μπορεί να συμβεί, όπως προσβολή, επίθεση, απρέπεια κτλ. Αν και τέτοιες περιπτώσεις ελέγχονται από τους ανθρώπους της Linden Lab, που βρίσκονται στο Second Life, και οι χρήστες επίσης μπορούν να παραπονεθούν. Καλό είναι βέβαια, οι εκπαιδευτές να σκεφτούν πως μπορούν να προετοιμάσουν τους μαθητές για τέτοιες καταστάσεις.

2.7.2 Βιβλιοθήκες και Μουσεία στο SECOND LIFE

Το Second Life δεν είναι ένα απλό παιχνίδι, όπως πολλοί επιμένουν να πιστεύουν, αλλά μια δυναμική πλατφόρμα, μέσω της οποίας δίνεται η δυνατότητα σε βιβλιοθήκες και μουσεία να στηρίζουν και να ενδυναμώσουν την επικοινωνία του κοινού με τα πολιτιστικά αγαθά.

Βιβλιοθήκες από όλο τον κόσμο έχουν επιλέξει να χρησιμοποιήσουν το Second Life για να κάνουν μαθήματα στους χρήστες τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της επιρροής που έχει το Second Life στις βιβλιοθήκες είναι και η δημιουργία του blog “Second Life Library”, το οποίο παρουσιάζει τις βιβλιοθήκες και τα μαθήματα που αυτές προσφέρουν online στο Second Life.

Πολλά μουσεία διατηρούν ένα μουσείο στο Second Life. Ένα παράδειγμα είναι το “The Exploratorium” στο Σαν Φρανσίσκο. Με βάση τις στατιστικές, ένα από τα πιο δημοφιλή μουσεία στο Second Life είναι το “International Spaceflight Museum”, το οποίο δεν συνδέεται με κάποιο μουσείο του πραγματικού κόσμου, και δημιουργήθηκε από ομάδα κατοίκων, με κοινά ενδιαφέροντα τις διαστημικές πτήσεις. Αυτό αποδεικνύει ότι οι κάτοικοι του Second Life ενδιαφέρονται να επισκέπτονται τα μουσεία ως μια μορφή «σοβαρής ψυχαγωγίας». Η πλειοψηφία λοιπόν των μουσείων, έχουν δημιουργήσει εικονικές εκθέσεις στο Second Life.

Τα μουσεία στο Second Life ποικίλλουν σε μέγεθος και κλίμακα. Οι εικονικές εκθέσεις μπορούν να γίνονται σε ένα ή και δύο κτίρια, χωρίς να υπάρχει περιορισμός στις εγκαταστάσεις. Έτσι τα μουσεία μπορούν να εμφανίσουν έργα τέχνης στις αίθουσες και στους τοίχους, καθώς επίσης μπορούν να δημιουργήσουν καινοτόμες προσεγγίσεις, στα εκθέματα από τους επισκέπτες, αφού δεν υπάρχει ο φόβος της φθοράς ή της κλοπής. Ακόμη, η αλλαγή στις εκθέσεις, στα μουσεία του Second Life, είναι μια διαρκής διαδικασία. Όλοι οι επισκέπτες πρέπει να συνειδητοποιήσουν ότι τα μουσεία εξελίσσονται πολύ γρήγορα σε αυτό το νέο περιβάλλον και ως εκ τούτου, από τη μια μέρα στην άλλη

είναι πιθανό ένα μουσείο να είναι τελείως διαφορετικό, με διαφορετικό σχήμα, χώρο, αίθουσες, με περισσότερες ή λιγότερες εκθέσεις. Ο κύριος στόχος σε κάθε μουσείο στο Second Life είναι να πείσουν τους επισκέπτες ότι οι εκθέσεις είναι πραγματικές και ότι τους προσφέρουν μια ξεχωριστή εμπειρία. Πρέπει να τους πείσουν ότι αξίζει να αφιερώσουν χρόνο στα μουσεία και ότι σε κάθε επίσκεψη θα τους προσφέρουν περισσότερες εμπειρίες.

Όλες οι συλλογές στο Second Life είναι ψηφιακές αναπαραστάσεις, των πραγματικών αντικειμένων, προσφέροντας έτσι στους επισκέπτες μοναδικούς τρόπους για να δουν τα αντικείμενα. Τα άτομα μπορούν να επισκέπτονται διάφορα είδη συλλογών, χωρίς κανένα περιορισμό στον τόπο και το χρόνο. Οι επισκέπτες έχουν ακόμη τη δυνατότητα να αναπτύξουν τις δικές τους μουσειακές συλλογές ή να επεκτείνουν μία υπάρχουσα. Επιπλέον, μπορούν να ανακτήσουν γραπτές πληροφορίες για τα αντικείμενα, στο πρόγραμμα περιήγησης, και σε ορισμένα αντικείμενα μπορούν να ακούσουν μια σύντομη περιγραφή, με το πάτημα ενός κουμπιού.

Τα μουσεία στο Second Life είναι χώροι όπου οι επισκέπτες έχουν πολλές ευκαιρίες για κοινωνική αλληλεπίδραση. Μετά την επίσκεψη σε μια έκθεση ή σε μια εκδήλωση, που γίνεται στο χώρο του μουσείου, ο επισκέπτης μπορεί να παραμείνει σε μια καφετέρια, ή σε ένα κατάστημα με είδη δώρων. Εκεί μπορεί να ανταλλάξει ιδέες και απόψεις με άλλους επισκέπτες, για τις υπάρχουσες εκθέσεις, ή να συζητήσει για την τέχνη ή για άλλα πράγματα, που σχετίζονται με αυτά που έχει ήδη επισκεφθεί.

Σημαντικό παράδειγμα για τις εικονικές εκθέσεις στο Second Life αποτελεί η Κινέζα καλλιτέχνης Cao Fei η οποία, περίπου ένα χρόνο πριν, λάνσαρε την ιδέα του RNB City, μιας πειραματικής καλλιτεχνικής κοινότητας μέσα στην εικονική πραγματικότητα του Second Life. Η ιδέα προήλθε από τη Serpentine Gallery του Λονδίνου, η οποία ζήτησε από την 30χρονη Cao Fei να δημιουργήσει τις συνθήκες, ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει αυτός ο εικονικός κόσμος. Σκοπός ήταν στο χώρο αυτόν και για τα επόμενα δύο χρόνια, ιδρύματα και συλλέκτες να μπορούν να φιλοξενήσουν εκθέσεις και άλλες καλλιτεχνικές δραστηριότητες, ανοιχτές σε όλα τα μέλη του Second Life. Η συγκεκριμένη καλλιτέχνης ήταν η πλέον κατάλληλη υποψήφια για να αναλάβει το πρότζεκτ, αφού το 2007, και για έναν χρόνο, εξερευνούσε τις δυνατότητες του Second Life, «γυρίζοντας» μια σειρά από ταινίες με τις περιπέτειες του avatar της, China Tracy – οι ταινίες παρουσιάστηκαν στο κινεζικό περίπτερο στην Μπιενάλε της Βενετίας της ίδιας χρονιάς. Από τη μεριά της, η Serpentine έχει αφιερώσει έναν ειδικό χώρο, όπου οι επισκέπτες του μουσείου έχουν πρόσβαση στο Ίντερνετ, εξερευνώντας το εικονικό περιβάλλον που έστησε η Cao Fei. Αλλά ο καθένας μπορεί να επισκεφθεί το RNB City, αρκεί να μπει στην ιστοσελίδα του μουσείου και αν δεν είναι ήδη, να γίνει μέλος του Second Life. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε που η Serpentine ανέθεσε αυτό το πρότζεκτ στην Cao Fei: το Ίντερνετ παίζει όλο και μεγαλύτερο ρόλο στον προγραμματισμό των μουσείων διεθνώς, και όχι μόνο σε λειτουργικό ή

πρακτικό επίπεδο. Από την υποστήριξη του Net Art (της διαδικτυακής τέχνης), σε δραστηριότητες (διαδραστικές και μη) που σχεδιάζονται αποκλειστικά για το Ίντερνετ καθώς και online εκθέσεις, οι ιστοσελίδες των πιο γνωστών μουσείων στον κόσμο έχουν να προσφέρουν πολύ υλικό, με ένα απλό κλικ.

Μπορούμε να επισκεφθούμε το Pompidou κι ας μην είμαστε στο Παρίσι. Επίσκεψη και στο Μουσείο Μοντέρνας Τέχνης της Νέας Υόρκης, κι ας καθόμαστε μπροστά στην οθόνη του δικού μας υπολογιστή, χιλιάδες μίλια μακριά.

Τέτοια εικονικά περιβάλλοντα μπορεί να έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Συγκεκριμένα, τα μουσεία στο Second Life, έχουν επεκταθεί σε παγκόσμιο επίπεδο και επιτρέπουν μεγάλη περιεκτικότητα στα αντικείμενα και συνεργασία μεταξύ των μουσείων. Επίσης, επιτρέπουν στους επισκέπτες απομακρυσμένη πρόσβαση στα μουσειακά εκθέματα, πιο εύκολη περιπλάνηση και αναζήτηση, και προωθούν άλλες δραστηριότητες. Ωστόσο, υπάρχουν και πολλά μειονεκτήματα. Υπάρχουν τεχνικά προβλήματα, οι απαιτήσεις του δικτύου και η έλλειψη ενοποίησης με άλλους εικονικούς κόσμους. Επιπλέον, ένα σημαντικό θέμα είναι η τροποποίηση των πραγματικών αντικειμένων.

Συγκρίσεις που αφορούν συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα.

NVE	User representation	Audio comm.	Text comm.	Gestural comm.	Facial comm.	Network topology	Space structure	Origin
NPSNET	articulated rigid segment body	Yes	Yes	predefined gestures/ behaviours	No	multicast	uniform	Naval Postgraduate School, Monterey CA, USA
DIVE	articulated rigid segment body	Yes	Yes	predefined gestures	No	multicast	dynamic	Swedish Institute of Computer Science, Stockholm, Sweden
BrickNet	none			No	No	multiple servers	separate servers	National University of Singapore
MASSIVE	simple block like structure	Yes	Yes	No	No	multicast	dynamic	University of Nottingham, UK
SPLINE	articulated rigid segment body	Yes		No	No	multicast	free	Mitsubishi Electric Research Labs, Cambridge MA, USA
VLNET	fully virtual humans (avatars and autonomous)	Yes	Yes	Yes	Yes	client server portals (multiple servers developed)	portals	MIRALab, U. of Geneva, and EPFL Computer Graphics Lab, Switzerland
VISTEL	articulated rigid segment body	Yes	Yes	User wears magnetic trackers	User wears markers on the face	peer to peer	None	ATR Research Labs, Kyoto, Japan

Πίνακας 2: Συγκριτικός πίνακας CVE

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ/ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τη δημιουργία τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων και την υποστήριξη Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων απαιτείται η χρήση διάφορων εργαλείων, εφαρμογών και τεχνολογιών. Τα εργαλεία ποικίλλουν, από απλούς κειμενογράφους, εργαλεία δημιουργίας avatar, εργαλεία δημιουργίας τρισδιάστατων αντικειμένων κ.α. Παρακάτω παρουσιάζουμε τις τρέχουσες τεχνολογίες για τη δημιουργία τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων.

3.2 ΓΛΩΣΣΑ VRML (Virtual Reality Modelling Language)

Μέσω της γλώσσας VRML, μας δίνεται η δυνατότητα να παρακολουθήσουμε εικονικούς κόσμους με τη χρήση ενός φυλλομετρητή (browser). Στη γλώσσα HTML γράφονται οι ιστοσελίδες. Η γλώσσα VRML που αποτελεί προσθήκη της, επιτρέπει την απεικόνιση τρισδιάστατων κόσμων με ενσωματωμένους υπερσυνδέσμους στο Διαδίκτυο. Η αλληλεπίδραση με μια σελίδα VRML στην οθόνη είναι μη εμπυθισμένη, διότι γίνεται με τη χρήση ενός ποντικιού. Η Virtual Reality Modelling Language είναι ικανή να αναπαραστήσει στατικά ή δυναμικά τρισδιάστατα αντικείμενα με συνδέσμους σε άλλα μέσα, όπως κείμενο, εικόνες, ήχους και βίντεο. Είναι ουσιαστικά ένας τύπος αρχείου για την περιγραφή αλληλεπιδραστικών 3D αντικειμένων και κόσμων και είναι σχεδιασμένη για χρήση στο Διαδίκτυο. Η VRML αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Part 1: Ορίζει τη βασική λειτουργικότητα και την κωδικοποίηση κειμένου της VRML. Συγκεκριμένα το μέρος αυτό ορίζει το συντακτικό και τη σημασιολογία της VRML. Επιπλέον, επιτρέπει τη χρήση υπερσυνδέσμων σε σελίδες HTML, σε άλλα αρχεία VRML, καθώς και σε αρχεία μέσων, όπως κείμενο, ήχου, εικόνας ή βίντεο.
- Part 2: Ορίζει τη διεπαφή VRML—EAI (External Authoring Interface) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εφαρμογές οι οποίες είναι εξωτερικές σε ένα VRML browser, προκειμένου να προσπελεύουν και να διαχειρίζονται αντικείμενα που ορίζονται στο 1ο μέρος της VRML. Σκοπός της συγκεκριμένης προδιαγραφής είναι να καλύψει όλους τους τρόπους προσπέλασης σε έναν VRML browser από εξωτερικές εφαρμογές.

Σε περίπτωση που θέλουμε άμεση πρόσβαση στον κώδικα VRML χρησιμοποιούμε τους VRML Editors. Τα χαρακτηριστικά αυτών των συντακτών, είναι ο δυναμικός έλεγχος των σφαλμάτων, ο τονισμός του συντακτικού, λειτουργίες επεξεργαστή

κειμένου, όπως αντιγραφή, επικόλληση κτλ. Η απεικόνιση του εικονικού κόσμου γίνεται μέσω των VRML Viewers. Οι πιο διαδεδομένοι VRML Editors είναι:

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
MED	Windows	VRML, HTML, Java text Editor
SitePad	Windows	VRML, Java
VrmlPad v. 1.0	Windows	VRML 97
RenderSoft VRML Editor	Windows	VRML 1.0 2.0
White_dune	Unix, Linux	VRML97

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά VRML Editors

3.2.1 Parallelgraphics Multiuser Server

Η Parallelgraphics Multiuser πλατφόρμα είναι ένα δικτυακό σύστημα βασισμένο σε client-server αρχιτεκτονική το οποίο συγχρονίζει την κίνηση και τα γεγονότα σε Εικονικά Περιβάλλοντα μέσω ενός IP δικτύου.

3.2.2 Γενική Περιγραφή

Χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας είναι τα εξής:

- αλληλεπίδραση με άλλους χρήστες των τρισδιάστατων κόσμων (VRML),
- διαχείριση τρισδιάστατων αντικειμένων,
- ανταλλαγή πληροφοριών από τους χρήστες μέσω κειμένου,
- ρύθμιση των τρισδιάστατων κόσμων για μεμονωμένους χρήστες.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ο multiuser server παρέχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- πιστοποίηση ταυτότητας χρηστών
- συγχρονισμό των γεγονότων μεταξύ των χρηστών μέσα στους τρισδιάστατους κόσμους
- online μεταφορά των μηνυμάτων κειμένου (συνομιλία)
- καταγραφή των ενεργειών των χρηστών
- έλεγχο των αντικειμένων VRML μέσα σε μια τρισδιάστατη σκηνή
- παροχή ενός περιβάλλοντος για τη συντήρηση ενός σύνθετου συνόλου τρισδιάστατων κόσμων, το οποίο συμπεριλαμβάνει ρομπότ, προγραμματισμό στοιχειωδών λειτουργιών διαχείρισης και απομακρυσμένη διαχείριση των servers.

Εφαρμογές

Ο server μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αρκετές εφαρμογές, όπως οι ακόλουθες:

- ηλεκτρονικό εμπόριο - φανταστείτε ένα ηλεκτρονικό κατάστημα όπου μπορείτε να έχετε πραγματικά διαλογικές σχέσεις με τους χρήστες ή να επικοινωνήσετε με ένα βοηθό πωλήσεων όταν θέλετε. Μπορούν, παραδείγματος χάριν, να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις και να σας εμφανίσουν online τα πιο πρόσφατα προϊόντα
- μάθηση από απόσταση - μπορείτε να συζητήσετε ένα θέμα στον ελεύθερο χρόνο σας ενώ ταυτόχρονα χειρίζεστε τρισδιάστατα αντικείμενα με άλλους χρήστες
- τρισδιάστατο διαλογικό εγχειρίδιο - μπορείτε να αναπτύξετε ένα απομακρυσμένο κέντρο υποστήριξης για την επισκευή ή τη συντήρηση εξοπλισμού
- αλληλεπίδραση - ο multiuser server σας επιτρέπει να δοκιμάσετε άλλα sites ελεύθερα, όπως μια θεατρική παράσταση, και σας επιτρέπει να συμμετέχετε σε αυτό που παρακολουθείτε
- online παιχνίδια - είναι τώρα πιθανό να δημιουργηθούν γρήγορα τρισδιάστατα multiuser παιχνίδια
- εικονική κοινότητα – μπορείτε να δημιουργήσετε δικούς σας τρισδιάστατους κόσμους και να συναντήσετε νέους φίλους από όλο τον κόσμο

3.2.3 Αρχιτεκτονική

Η multiuser πλατφόρμα της ParallelGraphics έχει δημιουργηθεί με μία κατανομημένη client-server αρχιτεκτονική που χωρίζεται σε τρία επίπεδα:

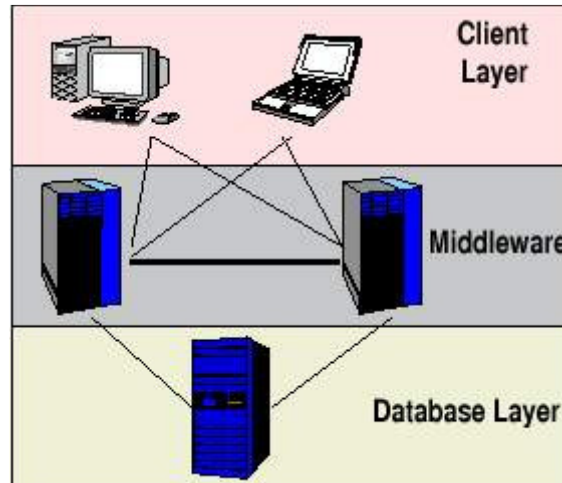
- Επίπεδο client - Αυτό είναι λογισμικό που τρέχει στα τερματικά των χρηστών. Αυτό το λογισμικό παρέχει την επικοινωνία τους servers και επεξεργάζεται VRML και HTML περιεχόμενο.
- Επίπεδο υλικολογισμικού - Αυτό είναι λογισμικό που τρέχει στην πλευρά των servers. Αυτό το λογισμικό στέλνει VRML και HTML περιεχόμενο ανάλογα με την υπηρεσία που παρέχει. Το περιεχόμενο διαμορφώνεται από την εφαρμοζόμενη λογική, το δυναμικό περιεχόμενο, το συγχρονισμός των πεδίων VRML, κ.ά.
- Επίπεδο Βάσης Δεδομένων - Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση μόνιμης δομημένης πληροφορίας.

Χάρη σε αυτή την κατανομημένη αρχιτεκτονική είναι απαραίτητα υποεπίπεδα επικοινωνίας (αλληλεπίδραση ανάμεσα σε διαφορετικά τμήματα λογισμικού). Η δομημένη client-server προσέγγιση επιτρέπει την ανάπτυξη εύκαμπτων και ρυθμιζόμενων λύσεων.

Στην πλευρά του client, η ParallelGraphics προσφέρει τα ακόλουθα:

- εξειδικευμένες εφαρμογές
- επικοινωνία με το server μέσω του VRML client Cortona

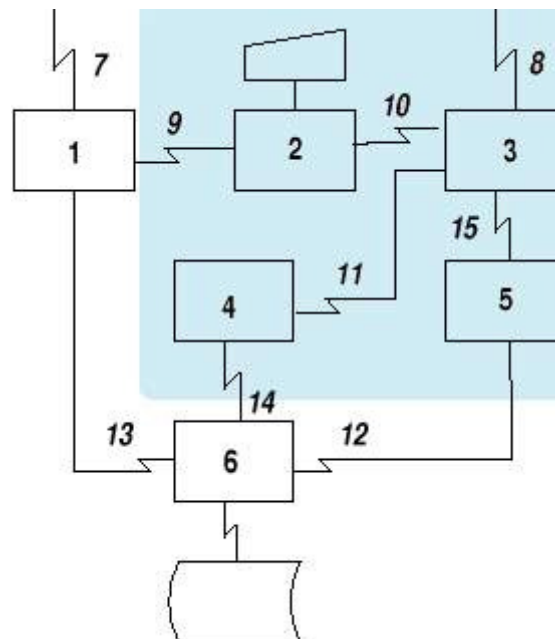
Το κέρδος σε μια εξειδικευμένη εφαρμογή βρίσκεται στο χαμηλού κόστους server-side προγραμματισμό και την απλή προετοιμασία τρισδιάστατου περιεχομένου. Άλλες εφαρμογές μπορούν να είναι πιο προσαρμόσιμες για πρωτότυπες λύσεις, αλλά απαιτούν πιο σημαντικό server-side προγραμματισμό (κυρίως στον HTTP server) και περισσότερο VRML προγραμματισμό για κατάλληλη οργάνωση του περιεχομένου.



Εικόνα 1: Δομή αρχιτεκτονικής της υπηρεσίας πληροφοριών Helios

3.3 Αρχιτεκτονική υλικο-λογισμικού

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει τη δομή των τμημάτων που αποτελούν το λογισμικό του server καθώς και την επικοινωνία μεταξύ τους.



Εικόνα 2: Δομή client-server αλληλεπίδρασης στον PG server

- HTTP server (1)
- Procurator – το πρόγραμμα πρόσβασης (2)
- Helios – server 3D συγχρονισμού και συνομιλίας (3)
- Janitor – πράκτορας (agent) πιστοποίησης ταυτότητας (4)
- Nark – πράκτορας (agent) καταγραφής αρχείου (5)
- Ο διαχειριστής της Βάσης Δεδομένων (6)

Η τονισμένη περιοχή έχει υλοποιηθεί από την ParallelGraphics. Η υπόλοιπη περιοχή, ο HTTP server και το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων είναι προϊόντα τρίτων.

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται είναι:

- **9, 13:** Αυτή η επικοινωνία παρέχεται από τον HTTP server, έτσι είναι είτε CGI, είτε αρχεία εντολών που τρέχουν στον HTTP server (ή και τα δύο).
- **12, 13, 14:** Αυτό είναι το πρότυπο επικοινωνίας που παρέχεται από το διαχειριστή της Βάσης Δεδομένων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτό είναι ένα πρωτόκολλο για TCP/ IP σύνδεση που προέρχεται από κάποιον πελάτη με ιδιωτική Βάση Δεδομένων ή ένα γνωστό πρωτόκολλο επικοινωνίας.
- **8, 10, 11, 15:** Αυτό είναι ανταλλαγή δεδομένων με χρήση μιας οικογένειας πρωτοκόλλων βασισμένη στο υψηλού επιπέδου πρωτόκολλο EDS (Event Driven Systems – Συστήματα Καθοδηγούμενα από Γεγονότα). Το EDS μπορεί να χρησιμοποιήσει επικοινωνία TCP/ IP ή UDP. Οι συνδέσεις 7 και 8 χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία με την πλευρά των χρηστών. Το κανάλι 7 χρησιμοποιείται για μεταφορά (χρησιμοποιώντας HTTP πρωτόκολλο) δεδομένων (3D και απλών), ενώ το κανάλι 8 χρησιμοποιείται για το συγχρονισμό VRML πεδίων και την ανταλλαγή μηνυμάτων κειμένου.

Οι servers έχουν τις ακόλουθες ειδικεύσεις:

- **Helios (3):** το συγχρονισμό VRML πεδίων και τη διάδοση μηνυμάτων κειμένου. Αυτός είναι ο κεντρικός υπολογιστής που παρέχει τη βασική λειτουργία της υπηρεσίας.
- **Janitor (4) πράκτορας:** αρμόδιος για επεξεργασία αιτημάτων πιστοποίησης ταυτότητας από το server **Helios**. Χρησιμοποιεί μία Βάση δεδομένων για αποθήκευση στοιχείων, αλλά μπορεί, επίσης, να κάνει αυτήν την εργασία χωρίς τη Βάση Δεδομένων (αλλά αυτό οδηγεί στην απώλεια μερικών χαρακτηριστικών της υπηρεσίας).
- **Nark (5) πράκτορας:** παρέχει τα χαρακτηριστικά καταγραφής αρχείου και τιμολόγησης της υπηρεσίας.

Ο **Procurator** δεν είναι ένας server. Είναι ένα πρόγραμμα προοριζόμενο για πρόσβαση στο server **Helios** (κυρίως για σκοπούς διαχείρισης).

3.3.1 SENSE8 Product Line

Η εταιρία SENSE8 παρέχει μια ομάδα εργαλείων για να διευκολύνει την κατασκευή αλληλεπιδραστικών τρισδιάστατων εικονικών κόσμων καθώς και την ανάπτυξη Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Τα εργαλεία αυτά είναι τα WorldToolKit, World Up και World2World.

Το World2World είναι μια client-server πλατφόρμα για τρισδιάστατες αλληλεπιδραστικές αναπαραστάσεις σε πραγματικό χρόνο. Τα client-side τμήματα του World2World ενσωματώνουν εύκολα το WorldToolKit και το World Up επιτρέποντας την ανάπτυξη πολυχρηστικών κόσμων.

Το WorldToolKit είναι ένα cross-platform C/C++ toolkit για δημιουργία οπτικών εξομοιώσεων και ανάπτυξη τρισδιάστατων εφαρμογών και εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας.

Το World Up είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον για την ανάπτυξη τρισδιάστατων εφαρμογών και εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας. Το World Up χρησιμοποιείται για την κατασκευή γραφικών, αντικειμένων, ιδιοτήτων αντικειμένων, κατασκευή του κόσμου, συγγραφή scripts, κλπ.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα παραπάνω εργαλεία.

3.3.2 WorldToolKit

Το WorldToolKit (WTK) είναι ένα cross-platform εργαλείο ανάπτυξης για την κατασκευή τρισδιάστατων εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Το WorldToolKit αποτελείται από μια βιβλιοθήκη με πάνω από 1000 συναρτήσεις σε γλώσσα C και από διάφορα εργαλεία για την δημιουργία, και διαχείριση των παραπάνω εφαρμογών. Οι συναρτήσεις του WTK είναι object-oriented και οργανώνονται σε 20 κλάσεις (Universe, Geometries, Nodes, Viewpoints, Windows, Lights, Sensors, Paths, Motion Links, κ.α.). Το WTK παρέχει ένα Application Programmer's Interface (API) και υποστηρίζει Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα και μια σειρά από input devices όπως HMDs, trackers, και navigation controllers. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του WTK είναι τα παρακάτω:

- **Sound:** Το WorldToolKit παρέχει ένα cross-platform API για την δημιουργία 3D και στερεοφωνικού ήχου
- **User-Interface Objects:** Το WorldToolKit παρέχει διάφορους τύπους user-interface object όπως: toolbars, bitmaps, menus, message boxes, text boxes, file-request dialogs, κ.α.
- **MultiPipe/Multi-Processor Support:** υποστήριξη για ταυτόχρονη αναπαράσταση πολλών οθονών γραφικών για την εκμετάλλευση της επεξεργαστικής ισχύος διαφόρων πολυ-επεξεργαστικών συστημάτων
- **VRML Support:** Υποστήριξη για γραφή και ανάγνωση VRML 1.0 αρχείων.

3.3.3 World Up

Το World Up είναι ένα authoring tool για την δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων για χρήση σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα. Το World Up

χρησιμοποιεί διάφορες τεχνολογίες για την δημιουργία οπτικών εξομοιώσεων, όπου τα εικονικά αντικείμενα έχουν ιδιότητες και συμπεριφορά ανάλογη με τον πραγματικό κόσμο. Το World Up παρέχει ένα γραφικό interface και δίνει την δυνατότητα για σύνταξη scripts σε γλώσσα BasicScript (που είναι μια scripting γλώσσα προγραμματισμού, παρόμοια συντακτικά με την Visual Basic). Το interface World Up αποτελείται από δύο βασικά τμήματα: τον Simulation Editor και τον Modeler. Τα βασικά χαρακτηριστικά του World Up είναι τα παρακάτω:

- Γραφικό περιβάλλον ανάπτυξης
- Ενσωματωμένοι τύποι αντικειμένων
- Υποστήριξη διάφορων τύπων αρχείων
- Χρήση της γλώσσας BasicScript
- Πλήρη συμβατότητα με τον World2World server

3.3.4World2World

Το World2World είναι ένα client-server σύστημα για Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα. Το World2World επιτρέπει την δημιουργία πολυχρηστικών εξομοιώσεων με την χρήση του World2World object system (που είναι ένα υποσύνολο του WorldToolkit API), χωρίς την χρήση των WorldToolkit και World Up. Τα βασικά τμήματα του World2World είναι ένα σύνολο από World2World servers (ο Server Manager, οι Simulation Servers, και ο Firewall Proxy) και ένας client που αλληλεπιδρά με τους χρήστες.

3.3.5SmallTool

Το SmallTool αναπτύχθηκε από το GMD (German National Research Center for Information Technology), Institute for Applied Information Technology (FIT). Είναι ένα σύνολο εργαλείων για την υλοποίηση διαμοιραζόμενων εικονικών περιβαλλόντων στο Διαδίκτυο. Το SmallTool στηρίζεται σε ένα αριθμό βιβλιοθηκών οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή δικτυακών εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας οι οποίες βασίζονται στη VRML. Ο SmallView VRML browser και ο εξυπηρετητής εφαρμογών SmallServ είναι τα εργαλεία που επιτρέπουν στους χρήστες να συμμετέχουν στους διαμοιραζόμενους κόσμους VRML. Το σύνολο εργαλείων SmallTool αποτελείται από τρεις βιβλιοθήκες:

- Την εκτεταμένη βιβλιοθήκη VRML για την ανάγνωση και εγγραφή αρχείων VRML και για τη ρύθμιση της παρουσίασης σκηνών χώρων VRML. Αυτή η βιβλιοθήκη βασίζεται στο OpenGL και είναι ανεξάρτητη από συγκεκριμένο σύστημα παραθύρων.
- Τη βιβλιοθήκη διασύνδεσης συσκευών που επιτρέπει τη σύνδεση εξωτερικών συσκευών σε τέτοιες εφαρμογές.
- Τη βιβλιοθήκη δικτύου η οποία παρέχει μία ευέλικτη και κλιμακούμενη αρχιτεκτονική δικτύου για διαμοιραζόμενα εικονικά περιβάλλοντα στο Διαδίκτυο. Η αρχιτεκτονική δικτύου που χρησιμοποιείται σε αυτήν τη βιβλιοθήκη βασίζεται στο πρωτόκολλο DWTP (Distributed Worlds Transfer and Communication Protocol) προκειμένου να κατευθύνει τις ανάγκες των

κατανεμημένων εικονικών περιβαλλόντων μεγάλης κλίμακας.

Το SmallTool αποτελεί μια επεκτάσιμη ερευνητική, πλατφόρμα για την υποστήριξη πολυχρηστικών εφαρμογών σε τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα. Αν και αποτελεί μια ενδιαφέρουσα προσπάθεια, η εφαρμογή της για την παροχή και υποστήριξη ΕΕΠ έχει βασικούς περιορισμούς λόγω του ότι δεν εκμεταλλεύεται πλήρως τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα avatars, καθώς τα avatars δεν υποστηρίζουν χειρονομίες που είναι απαραίτητες για την επικοινωνία των χρηστών στα ΕΕΠ.

3.3.6 SPLINE

Το SPLINE (Scalable Platform for Large Interactive Environments) είναι μια πρωτότυπη υλοποίηση μιας πλήρους DVE πλατφόρμας η οποία χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ISTP (Interactive Sharing Transfer Protocol) για να λειτουργήσει. Η πλατφόρμα αυτή επιτρέπει την δημιουργία εικονικών κόσμων που έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Υποστήριξη ταυτόχρονης συμμετοχής πολλών γεωγραφικά κατανεμημένων χρηστών.
- Υποστήριξη πολλών ταυτόχρονων εξομοιώσεων για την αλληλεπίδραση του συστήματος με τους χρήστες.
- Υποστήριξη φωνητικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των χρηστών για την παροχή εμπύθισης σε ένα τρισδιάστατο οπτικοακουστικό περιβάλλον.
- Δυνατότητα για δυναμική προσαρμογή και επέκταση του περιβάλλοντος.

Ο μηχανισμός της διαμοίρασης δεδομένων του SPLINE βασίζεται σε ένα μοντέλο, που λέγεται "World Model", το οποίο διαμεσολαβεί σε κάθε αλληλεπίδραση με αποτέλεσμα οι εφαρμογές να μην επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους. Το SPLINE επιτρέπει την ενσωμάτωση εφαρμογών χωρίς να λαμβάνει υπόψη του το δίκτυο, αφού βασίζεται στο world model για να στείλει τα μηνύματα ενημέρωσης σε απομακρυσμένα world models σε άλλους κόμβους συμμετεχόντων χρηστών.

Κύρια πλεονεκτήματα του SPLINE είναι:

- Έχει χρησιμοποιηθεί σαν πιλοτική εφαρμογή και έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματικό. Η αποτελεσματικότητα επιτυγχάνεται σε σχέση με την συνοχή που παρουσιάζουν σύνθετα δεδομένα μεταξύ των συμμετεχόντων κόμβων.
- Η εφαρμογή Diamond Park (που υποστηρίζεται από το SPLINE) μπορεί να υλοποιηθεί σε μικρό χρόνο και να ενσωματωθεί χωρίς την αντιμετώπιση σημαντικών προβλημάτων.

Κύρια μειονεκτήματα του SPLINE είναι:

- Η αναπαράσταση των χρηστών περιορίζεται σε μια απλή συμπεριφορά.
- Οι συμμετέχοντες μπορούν μόνο να πλοηγηθούν και να επικοινωνήσουν με τους άλλους χρησιμοποιώντας ήχο.
- Ελάχιστη αλληλεπίδραση συστήματος χρήστη.

Συμπερασματικά το SPLINE αποτελεί μια αρκετά ενδιαφέρουσα πλατφόρμα που εκτός των άλλων παρέχει και αλληλεπίδραση με ήχο στους χρήστες. Ωστόσο

παρουσιάζει τους ίδιους περιορισμούς με τις υπόλοιπες πλατφόρμες σχετικά με την αναπαράσταση των χρηστών η οποία κρίνεται ως απλοϊκή και δεν υποστηρίζει χειρονομίες.

3.3.7DeepMatrix

Το DeepMatrix είναι μια πλατφόρμα ΔΕΠ που στοχεύει στην υποστήριξη πολυχρηστικών VRML εφαρμογών. Επιτρέπει σε διάφορους χρήστες να συνδεθούν σε έναν VRML εικονικό κόσμο και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω chat αλλά και με τον εικονικό χώρο. Επιπλέον οι χρήστες μπορούν να μετακινηθούν από έναν εικονικό κόσμο σε έναν άλλο.

Το DeepMatrix βασίζεται σε μια client-server αρχιτεκτονική. Ο εξυπηρετητής των τρισδιάστατων πολυχρηστικών χώρων τρέχει σε έναν web server, όπου είναι αποθηκευμένοι οι εικονικοί VRML κόσμοι και κάποιες υποστηρικτικές ιστοσελίδες. Η εφαρμογή πελάτη αποτελείται από ένα Java applet που ακολουθεί το πρότυπο EAI για την επικοινωνία του με έναν τυπικό VRML browser. Εναλλακτικά, αντί για VRML97 plug-ins μπορούν να χρησιμοποιηθεί ένα applet που εκμεταλλεύεται τα χαρακτηριστικά της βιβλιοθήκης Shout3D για την αναπαράσταση των εικονικών κόσμων.

Κύριο πλεονέκτημα του DeepMatrix αποτελεί το γεγονός ότι είναι ανοικτή πλατφόρμα η οποία βασίζεται στην χρήση ανοικτών τεχνολογιών όπως η Java, η VRML97 και το EAI. Ωστόσο, δεν μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα για την παροχή εκπαιδευτικών εφαρμογών καθώς η δημιουργία πολυχρηστικών VRML εικονικών χώρων είναι μια σύνθετη διαδικασία ενώ δεν εκμεταλλεύεται πλήρως τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα avatars, καθώς τα avatars δεν υποστηρίζουν χειρονομίες που είναι απαραίτητες για την επικοινωνία των χρηστών στα ΕΕΠ.

Σύνοψη

Γενικά θα μπορούσε να ειπωθεί, ότι αρκετά είναι τα ερευνητικά αποτελέσματα στην περιοχή των ΔΕΠ καθώς έχουν δημιουργηθεί πολλά συστήματα, εργαλεία, πρωτόκολλα ακόμη και ολοκληρωμένες πλατφόρμες ΔΕΠ. Τα πιο σημαντικά πρωτότυπα είναι τα DIVE, SPLINE, και SmallTool. Οι ερευνητικές πλατφόρμες στοχεύουν στην επίλυση συγκεκριμένων ερευνητικών θεμάτων όπως η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών με μορφασμούς (facial communication), η υποστήριξη ετερογενών δικτύων ή η αξιοπιστία. Αυτό καθιστά απαγορευτική την χρήση τους σε εκπαιδευτικές εφαρμογές που απαιτούν την υποστήριξη και ενσωμάτωση πολλών λειτουργικοτήτων μαζί. Επιπλέον, οι ερευνητικές πλατφόρμες συνήθως στοχεύουν στην υποστήριξη συγκεκριμένων εφαρμογών με αποτέλεσμα η επαναχρησιμοποίησή τους να κρίνεται από περιορισμένη έως αδύνατη. Τα παραπάνω είχαν σαν αποτέλεσμα την εξάπλωση αυτόνομων ερευνητικών συστημάτων που παρέχουν ένα μόνο μέρος των απαιτούμενων λειτουργικοτήτων που απαιτούνται για την υποστήριξη ΕΕΠ. Η λύση της ενσωμάτωσης ορισμένων από τις υπάρχουσες ερευνητικές πλατφόρμες κρίνεται ως αρκετά ριψοκίνδυνη προσπάθεια, λόγω της διαφορετικής φιλοσοφίας που διέπει την κάθε ερευνητική πλατφόρμα.

Συνοψίζοντας, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι υπάρχουν αρκετές εμπορικές και ερευνητικές πλατφόρμες που υποστηρίζουν εικονικές κοινότητες χρηστών σε τρισδιάστατα πολυχρηστικά εικονικά περιβάλλοντα. Ωστόσο οι σημερινές πλατφόρμες ΔΕΠ σπάνια υποστηρίζουν πολυχρηστικές εκπαιδευτικές εφαρμογές και κατ' επέκταση σενάρια συνεργατικής μάθησης από απόσταση. Οι σημερινές πλατφόρμες ΔΕΠ δεν εκμεταλλεύονται πλήρως τα "θεωρητικά" πλεονεκτήματα των ΔΕΠ για την παροχή συνεργατικής μάθησης από απόσταση όντας προσανατολισμένες στην κίνηση των avatars και την επικοινωνία μέσω κειμένου. Χαρακτηριστικά όπως η μεταφορά εκπαιδευτικού υλικού, πίνακας παρουσιάσεων, κλπ. δεν ενσωματώνονται ή είναι αρκετά δύσκολο να ενσωματωθούν σε μια πλατφόρμα ΔΕΠ. Επίσης ελάχιστες πλατφόρμες υποστηρίζουν διαφορετικούς ρόλους χρηστών και δικαιώματα πρόσβασης κάτι το οποίο είναι απαραίτητο για την παροχή σεναρίων συνεργατικής μάθησης από απόσταση.

Επιπλέον ένα κοινό μειονέκτημα των συστημάτων που περιγράφηκαν είναι η σύνθετη και χρονοβόρα διαδικασία της δημιουργίας πολυχρηστικών εικονικών κόσμων. Λόγω της έλλειψης προτύπου για την διαμοίραση των ενεργειών και των γεγονότων στα τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα οι υπάρχουσες πλατφόρμες χρησιμοποιούν ίδιες λύσεις οι οποίες είναι συνήθως σύνθετες και πολύπλοκες.

Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στην απόφαση της υλοποίησης μιας πλατφόρμας ΔΕΠ που θα παρέχει τις κατάλληλες λειτουργικότητες για την υποστήριξη σεναρίων συνεργατικής μάθησης από απόσταση. Η πλατφόρμα αυτή, η οποία βασίζεται σε ανοιχτές τεχνολογίες και έχει επιπλέον σαν στόχο την υποστήριξη της όσο το δυνατόν απλούστερης μετατροπής μονοχρηστικών τρισδιάστατων εικονικών χώρων σε πολυχρηστικούς, παρουσιάζεται σε επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:X3D(eXtensible 3D)

4.1 Εισαγωγή

Η πλήρης υποστήριξη του προτύπου X3D στην πλατφόρμα Conference Room, αποτελεί σημαντική αναβάθμιση για την πλατφόρμα. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το πρότυπο X3D, οι λόγοι για τους οποίους υποστηρίζεται από την πλατφόρμα καθώς και οι λεπτομέρειες υλοποίησης.

4.1.1 Από την VRML Στο X3D

4.1.2 Ιστορική Αναδρομή

Η δεύτερη έκδοση της VRML με την ονομασία VRML97, έγινε όπως περιγράφεται στην παράγραφο, το standard για την ανάπτυξη διαδικτυακών τρισδιάστατων εφαρμογών. Το συντακτικό της γλώσσας μοιάζει με αυτό της Open Inventor και ήταν ήδη γνωστό στους εξοικειωμένους με 3D γραφικά προγραμματιστές. Ωστόσο στο κόσμο του διαδικτύου, είχε ήδη από το 1998, αρχίσει να εξαπλώνεται μια νέα γενικού σκοπού περιγραφική γλώσσα, η Extensible Markup Language (XML). Τα πολλά πλεονεκτήματα της όπως:

- Κατανοητό συντακτικό από ανθρώπους
- Open Standard
- Η ικανότητα αποθήκευσης δεδομένων
- Η ιεραρχική δομή της
- Η χρήση validation γλωσσών, όπως η XSD, για ειδικού σκοπού χρήση

οδήγησαν στην ευρεία διάδοση της XML για σενάρια χρήσης όπως web services, cross platform data exchange, κατανεμημένα συστήματα κ.α.

Το 2004 εγκρίθηκαν οι προδιαγραφές μίας νέας γλώσσας, της X3D, από τον οργανισμό ISO. Οι κωδικοποιήσεις XML και VRML της γλώσσας αυτής εγκρίθηκαν το 2005. Η γλώσσα X3D είναι ο διάδοχος της VRML, με πολλά πλεονεκτήματα, τα οποία περιγράφονται στην επόμενη παράγραφο.

4.1.3 Περιγραφή και Πλεονεκτήματα X3D

Το X3D είναι ένα ISO standard το οποίο προσφέρει ένα σύστημα για την αποθήκευση, ανάκτηση και αναπαραγωγή τρισδιάστατου περιεχομένου πραγματικού χρόνου, ενσωματωμένου σε εφαρμογές. Το X3D παρέχει ένα σύνολο από χαρακτηριστικά ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορα σενάρια χρήσης όπως εφαρμογές ιατρικής, CAD και αρχιτεκτονική, εκπαίδευση και εξομοίωση, κ.α.

Παρακάτω ακολουθούν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του :

- Είναι ενοποιημένο με την γλώσσα XML
- Επιτρέπει την χρήση μιας lightweight core 3D runtime delivery engine
- Είναι επεκτάσιμο: Επιτρέπει την προσθήκη components έτσι ώστε να επεκταθεί η λειτουργικότητα για εφαρμογές κάθετης αγοράς
- Παρέχει συγκεκριμένες επεκτάσεις για να ικανοποιεί συγκεκριμένες ανάγκες εφαρμογών.
- Περιεχόμενο γραμμένο σε VRML97 μπορεί πολύ εύκολα να ενημερωθεί και να διατηρηθεί σαν X3D περιεχόμενο
- Τα γραφικά του είναι υψηλής ποιότητας, πραγματικού χρόνου, αλληλεπιδραστικά και μπορούν να περιλαμβάνουν, εκτός από 3D δεδομένα, ήχο και βίντεο.
- Είναι πολύ καλά καθορισμένο πρότυπο, που οδηγεί στην ανάπτυξη ορθώς δομημένων και χωρίς προβλήματα εφαρμογών.

Το πρότυπο X3D υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργικότητες.

- **3D γραφικά και προγραμματιζόμενους shaders** - Polygonal geometry, parametric geometry, ιεραρχικοί μετασχηματισμοί, φωτισμός, υλικά, multi-pass/multi-stage texture mapping, pixel and vertex shaders, hardware acceleration
- **2D γραφικά** - Spatialized κείμενο; 2D διανυσματικά γραφικά; 2D/3D compositing
- **CAD data** – Μετατροπή των CAD δεδομένων σε ένα open format για δημοσίευση και αλληλεπιδραστικά πολυμέσα
- **Animation** - Timers και interpolators για την οδήγηση συνεχών animations, ανθρώπινο animation και morphing
- **Spatialized ήχος και video** – Οπτικοακουστικές πηγές χαρτογραφημένες σε γεωμετρία μέσα στον εικονικό κόσμο.
- **Αλληλεπίδραση χρήστη** – Επιλογή και τράβηγμα μέσω ποντικιού; Είσοδος από πληκτρολόγιο
- **Πλοήγηση** - Κάμερες; κίνηση του χρήστη μέσα στην τρισδιάστατη σκηνή, ανίχνευση συγκρούσεων, εγγύτητας και ορατότητας
- **Αντικείμενα καθορισμένα από τον χρήστη** - Ικανότητα επέκτασης των δυνατοτήτων του ενσωματωμένου browser με την δημιουργία τύπων δεδομένων ορισμένων από τον χρήστη
- **Scripting** – Δυνατότητα για δυναμική αλλαγή του κόσμου μέσω προγραμματισμού και scripting γλωσσών
- **Δικτύωση** – Δυνατότητα δημιουργίας μιας τρισδιάστατης σκηνής από πηγές που βρίσκονται σε ένα δίκτυο, υπέρ- σύνδεση των αντικειμένων σε άλλες σκηνές ή πηγές στον Παγκόσμιο Ιστό.
- **Εξομοιώσεις φυσικής και επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο and real-time communication** - Humanoid animation; geospatial datasets; ενσωμάτωση με Distributed Interactive Simulation (DIS) πρωτόκολλα

Η αρθρωτή αρχιτεκτονική του X3D επιτρέπει «στρώσεις» από προφίλ (profiles εφεξής) τα οποία παρέχουν

8. αυξημένη λειτουργικότητα για immersive περιβάλλοντα και αυξημένη αλληλεπίδραση ή
9. Format ανταλλαγής συγκεντρωμένων δεδομένων για vertical market εφαρμογές με μικρό όγκο δεδομένων προ μεταφόρτωση (download), αποτελούμενα από αρθρωτά blocks λειτουργικότητας (components), που είναι εύκολο να κατανοηθούν και να υλοποιηθούν από προγραμματιστές εφαρμογών και περιεχομένου.

Μια δομημένη σε στοιχεία αρχιτεκτονική υποστηρίζει την δημιουργία διαφορετικών “profiles” τα οποία μπορούν ανεξάρτητα να υποστηριχθούν. Τα στοιχεία μπορούν να επεκταθούν ή να τροποποιηθούν προσθέτοντας τους νέες επίπεδα, η νέα στοιχεία μπορούν να προστεθούν ώστε να εισαχθούν νέες δυνατότητες όπως το streaming. Ακόμη σε αυτόν τον μηχανισμό τα βελτιώσεις των προδιαγραφών μπορούν να προχωρήσουν γρήγορα στην υλοποίηση γιατί η επεξεργασία μίας περιοχής δεν καθυστερεί τις προδιαγραφές σαν σύνολο. Πιο σημαντικά, οι απαιτήσεις συμμόρφωσης ενός συγκεκριμένου περιεχομένου είναι μονοσήμαντα προσδιορισμένες από τα υποδεικνυόμενα profiles, στοιχεία και επίπεδα που απαιτούνται από το περιεχόμενο αυτό.

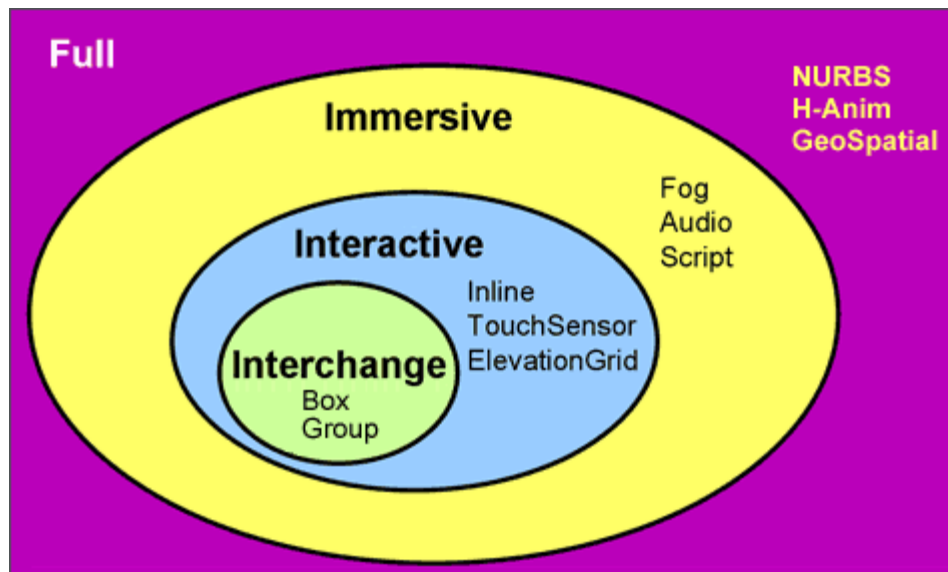
Ακολουθούν τα βασικά profiles του X3D:

- **Interchange** είναι το βασικό profile για επικοινωνία μεταξύ εφαρμογών. Υποστηρίζει γεωμετρία, texturing, βασικό φωτισμό, και animation. Δεν υπάρχει run time μοντέλο για το rendering, γεγονός που βοηθά στην εύκολη χρήση και ενσωμάτωση σε οποιαδήποτε εφαρμογή
- **Interactive** επιτρέπει βασική αλληλεπίδραση με ένα 3D περιβάλλον με την πρόσθεση sensor nodes (αισθητήριων κόμβων) για την πλοήγηση και αλληλεπίδραση του χρήστη (π.χ., PlanseSensor, TouchSensor, κτλ.), βελτιωμένη χρονομέτρηση, και επιπρόσθετο φωτισμό (Spotlight, PointLight).
- **Immersive** επιτρέπει πλήρη 3D γραφικά και αλληλεπίδραση περιλαμβάνοντας υποστήριξη ήχου, συγκρούσεων, ομίχλης και scripting.
- **Full** περιλαμβάνει όλους τους ορισμένους κόμβους, περιλαμβάνοντας NURBS, H-Anim και GeoSpatial στοιχεία.

Επιπρόσθετα profiles του X3D:

- **MPEG-4 Interactive** είναι μια μικρή έκδοση του Interactive profile σχεδιασμένη για μετάδοση, φορητές συσκευές και κινητά τηλέφωνα

- **CDF (CAD Distillation Format)** είναι σε ανάπτυξη για να επιτρέψει την μετατροπή δεδομένων CAD σε ένα open format για έκδοση και αλληλεπιδραστικά πολυμέσα.



Εικόνα 3: Τα profiles του X3D

Ακολουθούν 10 πλεονεκτήματα που απορρέουν από την χρήση X3D έναντι της VRML:

- **Συμβατότητα με την VRML** - Υπάρχει ακόμα ένα "κλασικό VRML" στύλ κωδικοποίησης (x3dv) το οποίο μπορεί να παίζει τους περισσότερους non-scripted κόσμους της VRML 2 με τις ελάχιστες αλλαγές. Κανένα στοιχείο αυτής της τεχνολογίας δεν έχει χαθεί αντ' αυτού, έχει εξελιχθεί σε X3D. Στο X3D πρότυπο έχει καταβληθεί πολύ μεγάλη προσπάθεια να διατηρηθεί όσο το δυνατόν περισσότερη συμβατότητα με την VRML ενώ ακόμη επιλύονται τα προβλήματα ασυμβατότητας που οδηγούν άμεσα στην μη-διαλειτουργικότητα των περιβαλλόντων μεταξύ των χρηστών.
- **Κωδικοποίηση XML που ενσωματώνεται ομαλά με άλλες εφαρμογές** – Η XML είναι αναγκαία για τη εισαγωγή πληροφοριών στις βάσεις δεδομένων των εταιριών και της κυβέρνησης. Η χρησιμοποίηση κωδικοποίησης XML καθιστά ευκολότερο να διαχειριστεί, να ελέγξει, να επικυρώσει και να ανταλλάξει πληροφορία. Η κωδικοποίηση XML του X3D λειτουργεί ικανοποιητικά σε αυτόν τον κόσμο.
- **Οι X3D σκηνές και τα X3D περιβάλλοντα λειτουργούν προβλέψιμα μεταξύ των διαφορετικών χρηστών** - ένα σημαντικό πρόβλημα με την VRML είναι ότι είναι δύσκολο να αναπτυχθούν σε VRML περιβάλλοντα που λειτουργούν σε όλους τους συμβατούς browsers/ χρήστες. Αυτό είναι λόγω της έλλειψης επαρκών προδιαγραφών της συμπεριφοράς της VRML στα πρότυπα VRML. Κοινή προσπάθεια έχει καταβληθεί να παρέχει την επαρκή προδιαγραφή του X3D της συμπεριφοράς κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι σκηνές και τα περιβάλλοντα μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ των browsers.
- **Το X3D ακολουθεί αρθρωτή αρχιτεκτονική** -Το X3D είναι αρθρωτό το οποίο επιτρέπει την προδιαγραφή των profiles που προσαρμόζονται σε έναν

ιδιαίτερο μεγάλο τομέα αγοράς (π.χ., CAD, ιατρικός τομέας, απεικόνιση στοιχείων). Επιτρέπει επίσης την ευκολότερη εισαγωγή της νέας τεχνολογίας χωρίς να επηρεάζονται άλλα κομμάτια καθώς η βιομηχανία αναπτύσσεται.

- **Με το X3D η δημιουργία για οποιοδήποτε χρήστη είναι στιβαρή και απλούστερη** – Η διεπαφή δημιουργίας σκηνής του X3D παρέχει τη συνεπή λειτουργία για όλες τις scripting γλώσσες και εσωτερικά και εξωτερικά. Αυτό δεν ισχύει για VRML όπου η Java και η ECMAScript έχουν εντελώς διαφορετικά μοντέλα προγραμματισμού. Το X3D SAI λύνει αυτό το πρόβλημα αυτό με την καθορίζοντας ένα ενοποιημένο σύνολο αφηρημένων υπηρεσιών που μπορούν έπειτα να αντιστοιχίσουν σε οποιαδήποτε programming/scripting γλώσσα έτσι ώστε τα περιβάλλοντα να παίζουν με συνέπεια ανεξάρτητα από την γλώσσα προγραμματισμού. Οι γλωσσικές bindings έχουν παρασχεθεί για την Java και την ECMAScript. Αυτό καθιστά τη δημιουργία X3D πολύ απλούστερη.
- **Τα X3D γνωρίσματα έχουν περισσότερες λειτουργικότητες** - ένας μεγάλος αριθμός χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που ζητούνται για VRML έχουν παρασχεθεί στο X3D με έναν τρόπο που είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική (καθώς επίσης και τυποποιημένος). Κατά συνέπεια, πολλές εξειδικευμένες λύσεις ad-hoc έχουν αποφευχθεί. Μπορείτε να σκεφτείτε X3D ως "VRML3".
- **Το X3D ενισχύεται συνεχώς και ενημερώνεται** – Το X3D αυξάνεται στη λειτουργία. Το προτεινόμενο σχέδιο τροπολογίας προδιαγραφών 1 που προσθέτει στοιχεία όπως τις τρισδιάστατες textures και shading γλωσσών είναι διαθέσιμο. Αυτό επίσης διορθώνει μερικές αναγνωρισμένες ανωμαλίες στην αρχική προδιαγραφή του X3D. Η δομή του X3D το καθιστά πολύ ευκολότερο στην ενημέρωση του σε τακτικά χρονικά διαστήματα. Είναι επίσης ευκολότερο να προστεθούν τα νέα γνωρίσματα που προσαρμόζονται στη μεταβαλλόμενη γραφική αναπαράσταση και τις εμπορικές αγορές.
- **Οι X3D εφαρμογές μπορούν να πιστοποιηθούν ως αξιόπιστες και προβλέψιμες** - ένα X3D πρόγραμμα προσαρμογής αναπτύσσεται από την κοινοπραξία Web3D για να παρέχει τα υπηρεσίες για το conformant X3D λογισμικό. Αυτό σημαίνει τη δημιουργία εφαρμογών αναπαραγωγής ήχου (browsers/players) που θα είναι αξιόπιστες και προβλέψιμες.
- **Μια X3D open source εφαρμογή είναι διαθέσιμη για τους προγραμματιστές** - Σχεδόν όλο το X3D (Xj3D) είναι open source και συμβατοί browsers όπως το Flux αναπτύσσονται επίσης. Αντίθετα από τις σκηνές VRML, οι X3D σκηνές θα παίζουν με συνέπεια σε κάθε επικυρωμένο προσαρμογή φορέα.
- **Το X3D δυαδικό format προσφέρει την κρυπτογράφηση (δηλ. ασφάλεια) και τη συμπίεση (δηλ. ταχύτητα)** - Μια συμπίεσμένη δυαδική κωδικοποίηση είναι υπό ανάπτυξη που επιτρέπει την κρυπτογράφηση για την πρότυπη ασφάλεια και πολύ υψηλή συμπίεση (συγκεκριμένα περισσότερο συμπίεσμένη από το VRML gzip) των X3D περιβαλλόντων. Το parsing των σκηνών και το loading επιταχύνεται κατά 300-500% σε γενικές γραμμές. Σημειώστε ότι είναι εύκολο για όλους τους browsers να υποστηρίξουν όλες τις κωδικοποιήσεις δεδομένου ότι η μόνη πραγματική διαφορά σε μια εφαρμογή μεταξύ τους είναι ότι ένας διαφορετικός parser απαιτείται. Για αυτόν τον λόγο, πολλές κωδικοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε έναν κόσμο υπό τον όρο ότι

ο browser υποστηρίζει όλες τις χρησιμοποιημένες κωδικοποιήσεις. Οι προγραμματιές που σχεδιάζουν και υλοποιούν X3D browsers σκοπεύουν την ανάπτυξη ενός browser που θα υποστηρίζει όλες τις κωδικοποιήσεις.

4.1.4 Scene Authoring Interface (SAI)

Το Scene Authoring Interface SAI είναι Application Programming Interface (API) για τον X3D scene graph. Τα scripts του SAI χρησιμοποιούνται για να αλληλεπιδράσουν οι χρήστες τόσο μέσα από τον κόσμο με την χρήση Script Nodes, όσο και εξωτερικά με χρήση JavaScript, Java ή οποιασδήποτε άλλης γλώσσας.

Το πρότυπο του SAI καθορίζει μια γλώσσα με ουδέτερη αναπαράσταση. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα interface(διεπαφή) που υλοποιείται σε κάθε γλώσσα προγραμματισμού με τα λεγόμενα “SAI Bindings”. Οι προδιαγραφές του SAI προσφέρουν ένα μοναδικό, ενοποιημένο προγραμματιστικό interface και περιορισμούς τα οποία εξαρτώνται από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ο κώδικας.

Το SAI επιτρέπει τους εξής πέντε τρόπους πρόσβασης στην 3D σκηνή:

- Πρόσβαση στην λειτουργικότητα του Browser;
- Λήψη ειδοποιήσεων για τις ενέργειες του Browser, όπως bad URLs, έναρξη και τερματισμός
- Αποστολή γεγονότων σε πεδία κόμβων, που βρίσκονται μέσα στην σκηνή, τα οποία είναι ικανά να λάβουν είσοδο
- Ανάγνωση της τελευταίας τιμής που στάλθηκε από πεδία κόμβων, που βρίσκονται μέσα στην σκηνή, τα οποία είναι ικανά να παράγουν έξοδο και
- Λήψη ειδοποιήσεων όταν events (γεγονότα) αλλάζουν τις τιμές πεδίων κόμβων when που βρίσκονται μέσα στην σκηνή.

Τα δύο πιο δημοφιλή και ταυτόχρονα πιο λειτουργικά Bindings του SAI είναι αυτά για τις γλώσσες Java και Javascript.

Όπως γίνεται σαφές από τα παραπάνω το SAI αντικαθιστά το EAI. Το SAI είναι ένα API βελτιωμένο σε πολλούς τομείς που υστερούσε το EAI και διορθώνοντας πολλά από τα προβλήματά που παρουσίαζε. Ακολουθεί μια λίστα με τα πλεονεκτήματα και τα εξέχοντα χαρακτηριστικά του SAI.

4.2 Υλοποίηση

4.2.1 Τεχνολογία

Η πλατφόρμα Conference Room χρησιμοποιώντας τον server της Meshmoon υπέστη αλλαγές έτσι ώστε να υποστηρίζει πλήρως το πρότυπο X3D. Οι αλλαγές αυτές, όπως και ο ήδη υπάρχων κώδικας της πλατφόρμας, είναι γραμμένες κατά κύριο λόγο σε Java. Συνεπώς, τόσο για το parsing των X3D αρχείων, όσο και για το SAI έπρεπε να βρεθούν οι κατάλληλες υλοποιήσεις σε Java.

Xj3D

Το Xj3D αποτελεί το Java Binding του SAI σε Java. Είναι ένα πλήρες API που προσφέρει αναπαραστάσεις όλων των κόμβων και πεδίων του X3D, σε Java, όπως επίσης και επιπλέον λειτουργικότητες, π.χ. έτοιμο X3D Browser καθώς και κλάσεις για δημιουργία custom browsers. Συνεπώς οι νέες κλάσεις της πλατφόρμας που έχουν σχέση με δημιουργία, χειρισμό, τροποποίηση και διαγραφή X3D περιεχομένου, μεταγλωττίστηκαν σε συνδυασμό με τις βιβλιοθήκες του πακέτου X3D.

SAX Parser

Ο SAX Parser αποτελεί έναν παντοδύναμο XML Parser, υλοποιημένο σε JAVA. Χρησιμοποιήθηκε στην πλατφόρμα για το parsing X3D αρχείων.

4.2.2 Υλοποίηση

Η υλοποίηση της υποστήριξης X3D είχε την δυσκολία ότι εξαιτίας της multi-user φύσης της πλατφόρμας τα γεγονότα που προκαλούνται από τον κάθε χρήστη πρέπει να μεταδοθούν και στους υπόλοιπους χρήστες. Για τον λόγο αυτό απαιτείται μια ενδιάμεση Java αναπαράσταση του πραγματικού X3D περιεχομένου.

Στην πλατφόρμα Conference Room έχει υλοποιηθεί μια Java αναπαράσταση όλων των κόμβων του X3D με όλα τα πεδία του κάθε κόμβου, για τον εύκολο χειρισμό του X3D περιεχομένου, αλλά και για την αποθήκευση και επεξεργασία των parsed X3D αρχείων. Οι κόμβοι αυτοί είναι υλοποιημένοι στο πακέτο vrmlx.nodes. Με τον τρόπο αυτό η επεξεργασία και ο χειρισμός των events και του εικονικού κόσμου μπορεί να επιτευχθεί ευκολότερα. Η μετατροπή του αναπαριστάμενου περιεχομένου σε πραγματικό X3D περιεχόμενο γίνεται στον client.

Όσον αναφορά το parsing X3D αρχείων έχει υλοποιηθεί στο πακέτο vrmlx.parser ένας parser βασισμένος στο SAX. Αυτός αναλαμβάνει να ελέγξει αν το αρχείο εισόδου είναι έγκυρο X3D αρχείο και κατόπιν κάνοντας χρήση των κλάσεων του πακέτου vrmlx.nodes να μετατρέψει το περιεχόμενο σε αναπαράσταση.

Client

Στον client υλοποιήθηκε ένας νέος X3D Browser χρησιμοποιώντας τις βιβλιοθήκες του Xj3D API. Επίσης υπάρχει ένας NodeWrapper ο οποίος κάνει wrap την εσωτερική αναπαράσταση του X3D περιεχομένου που υπάρχει στην πλατφόρμα Conference Room σε πραγματικό X3D περιεχόμενο κατανοητό από τον Browser. Οι κλάσεις αυτές βρίσκονται στο πακέτο eve.vrml.client.xj3d.

Οι χειριστές των γεγονότων του εικονικού κόσμου στον client μπορούν χρησιμοποιώντας μεθόδους των παραπάνω κλάσεων να ενημερώσουν την σκηνή του client για τις αλλαγές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ

5.1 Η πλατφόρμα Conference Room

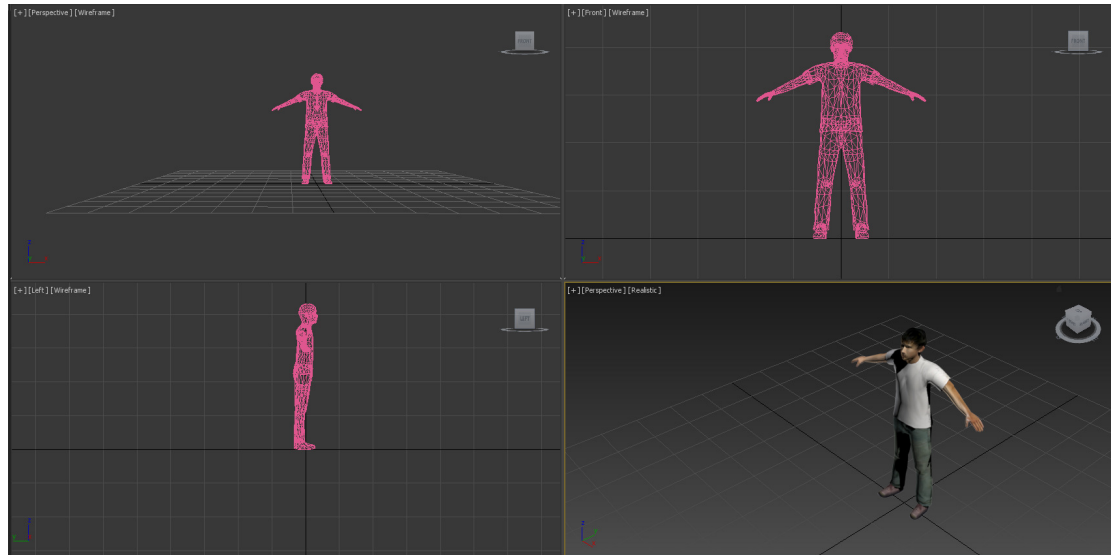
Το Conference Room είναι μια πλατφόρμα που στοχεύει στη δημιουργία πολυχρηστικών και πλήρως διαμοιραζόμενων κόσμων, στους οποίους οι χρήστες θα μπορούν να περιηγούνται, να αλληλεπιδρούν με αντικείμενα, αλλά και μεταξύ τους, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ελευθερία, αλλά φροντίζοντας πάντα για τη διατήρηση της συνοχής του κόσμου. Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη δημιουργία της πλατφόρμας Conference Room, η οποία λύνει αρκετά από τα προβλήματα της πρώτης, και παρέχει πολύ πιο στιβαρά θεμέλια για μελλοντική ανάπτυξη. Στα πλαίσια της ανάπτυξης της Conference Room έκδοσης, ένα πολύ μεγάλο μέρος του κώδικα γράφτηκε ξανά από το μηδέν, πράγμα αναγκάιο λόγω των αλλαγών στη λογική της λειτουργίας. Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα εξετάσουμε τους στόχους και τις παρεχόμενες λειτουργίες της πλατφόρμας, καθώς και τη γενική αρχιτεκτονική της, ενώ στα επόμενα κεφάλαια θα μπορούμε σε περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τα θέματα υλοποίησης.

5.1.1 Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά

Στην παράγραφο αυτή θα περιγραφούν τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας Conference Room, μέσω των οποίων επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες λειτουργικότητες για την υλοποίηση ενός δικτυακού εικονικού περιβάλλοντος.

5.1.2 Αναπαράσταση των χρηστών

Κάθε χρήστης αναπαρίσταται από ένα avatar. Λέγοντας avatar, στα πλαίσια της Conference Room, εννοούμε μια τρισδιάστατη ανθρωπόμορφη αναπαράσταση, η οποία αντιπροσωπεύει κάθε χρήστη. Τα avatars μπορούν να κινούνται στους τρισδιάστατους χώρους, να επικοινωνούν μέσω χειρονομιών, να κάθονται σε καρέκλες και, γενικά, να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους. Ένα τυπικό avatar φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 3: Ένα avatar

Κάθε χρήστης μπορεί να έχει διαφορετικό avatar. Έτσι, γίνεται εύκολη η άμεση αναγνώριση των χρηστών μεταξύ τους, με τρόπο ανάλογο με αυτό που συμβαίνει στον πραγματικό κόσμο. Επιπλέον, η εμφάνιση του avatar δίνει πληροφορίες για τον χρήστη, οι οποίες είναι συχνά σημαντικές για την επικοινωνία, αλλά διαφορετικά θα έπρεπε να παρέχονται ρητά. Έτσι, μπορεί κανείς να πάρει άμεσα μια ιδέα για το φύλο, την ηλικία, ή ακόμα και το χαρακτήρα των άλλων χρηστών, από την εμφάνιση του avatar που έχουν επιλέξει.

Τα avatars είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την αίσθηση που αποκομίζει ο χρήστης από την πλατφόρμα. Μέσω αυτών των ανθρωπόμορφων αναπαραστάσεων δημιουργούνται διάφορα *μη-λεκτικά κανάλια επικοινωνίας*, τα οποία είναι σημαντικά για την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών. Για παράδειγμα, οι εκφράσεις και οι χειρονομίες που κάνουμε όταν μιλάμε στον πραγματικό κόσμο, είναι ένα σημαντικό κομμάτι της πληροφορίας που μεταδίδουμε στον ακροατή μας. Παρέχουν όχι μόνο πρόσθετες πληροφορίες για το αντικείμενο για το οποίο μιλάμε, αλλά και μια ιδέα της ψυχικής κατάστασης του άλλου χρήστη. Η έλλειψη αυτών των πληροφοριών από την κλασική επικοινωνία μέσω κειμένου ήταν πάντα αιτία υποβάθμισης της ποιότητας της επικοινωνίας και αφορμή παρεξηγήσεων, επιβάλλοντας σχεδόν λύσεις όπως τα *smilies*.

Αλληλεπίδραση χρηστών:

- Επικοινωνία με ανταλλαγή γραπτών μηνυμάτων (Chat). Η επικοινωνία αυτή μπορεί να γίνει τόσο ομαδικά, στέλλοντας ένα γραπτό μήνυμα προς όλους τους χρήστες που βρίσκονται στο σύστημα, όσο και ατομικά, στέλλοντας κάποιο μήνυμα προς ένα μόνο επιλεγμένο χρήστη. Τα μηνύματα που ανταλλάσσονται στο σύστημα, παρουσιάζονται στο χρήστη με τη βοήθεια ενός κειμενογράφου εκτός του εικονικού κόσμου. Ταυτόχρονα όμως, κάθε μήνυμα παρουσιάζεται και μέσα στον εικονικό κόσμο, ως μια φούσκα κειμένου (Chat bubble) πάνω από το Avatar που αναπαριστά τον χρήστη που έστειλε το μήνυμα.
- Επικοινωνία με ανταλλαγή ηχητικών μηνυμάτων (Audio Communication).

Στην επικοινωνία αυτή, κάθε ηχητικό μήνυμα στέλλεται προς όλους τους συνδεδεμένους στο σύστημα χρήστες. Η ιδιομορφία αυτής της επικοινωνίας έγκειται στο γεγονός ότι όταν ένας χρήστης έχει το λόγο, κανένας άλλος δεν μπορεί να μιλήσει πριν αυτός τελειώσει.

5.1.3 Επεκτασιμότητα

Οι απαιτήσεις ενός δικτυακού εικονικού περιβάλλοντος κατάλληλου για μάθηση είναι τεράστιες τόσο σε θέματα πόρων όσο και σε δικτυακή επικοινωνία. Για το λόγο αυτό, κατά το σχεδιασμό της πλατφόρμας Conference Room ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε για την επίτευξη της επεκτασιμότητας. Στηριζόμενο σε μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική, η Conference Room, παρέχει τη δυνατότητα διαμοιρασμού του φόρτου εργασίας σε πολλά τμήματα, κάνοντας έτσι δυνατή την συνύπαρξη ενός μεγάλου αριθμού χρηστών στο σύστημα.

Ο κατάλληλος σχεδιασμός της πλατφόρμας προσφέρει την ευχέρεια εισαγωγής καινούριων εικονικών κόσμων στο σύστημα χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία των υπολοίπων. Έτσι, για παράδειγμα, είναι δυνατή η εισαγωγή ενός καινούριου τμήματος για κάποιο μάθημα το οποίο μόλις δημιουργήθηκε χωρίς αυτό να επηρεάσει τη λειτουργία των ήδη υπαρχόντων τμημάτων.

5.2 Αρχιτεκτονικές Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων

Δύο είναι οι κύριες αρχιτεκτονικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια μιας πολυχρηστικής δικτυακής πλατφόρμας: Κεντριοποιημένες και peer-to-peer. Παρακάτω παρουσιάζονται και οι δύο, και εξετάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται και αιτιολογούνται οι επιλογές που έγιναν στην περίπτωση του Conference Room.

Γενικά, η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών εργασίας που συμμετέχουν σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας διάφορα δίκτυα με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα δίκτυα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. Τον τύπο μεταφοράς δεδομένων: προσανατολισμένο στη σύνδεση (connection-oriented) ή μη-προσανατολισμένο στη σύνδεση (connectionless).
2. Τον τύπο μετάδοσης μηνυμάτων: unicast ή multicast.
3. Την καθυστέρηση μετάδοσης των μηνυμάτων (message latency).
4. Το εύρος ζώνης (bandwidth) δικτύου.

Τα δίκτυα τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο αλληλεπίδρασης των συμμετεχόντων κόμβων:

- **Σύνδεση 1-1:** Δύο σταθμοί εργασίας μπορούν να στείλουν και να λάβουν δεδομένα μέσω μιας connection-oriented σύνδεσης. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση ενός modem με μια τηλεφωνική γραμμή. Το modem υποστηρίζει connection-oriented, unicast μετάδοση δεδομένων με σχετικά χαμηλό latency και χαμηλό bandwidth (<56 Kbps).

- **Unicast:** Όπου ένας μεγάλος αριθμός σταθμών εργασίας οι οποίοι είναι λογικά συνδεδεμένοι με ένα δίκτυο που υποστηρίζει connectionless, unicast μηνύματα. Ένα παράδειγμα είναι το Διαδίκτυο.
- **Multicast:** Όπου ένας μεγάλος αριθμός σταθμών εργασίας επικοινωνούν μέσω του δικτύου που υποστηρίζει connectionless multicast μηνύματα αλλά και connectionless unicast μηνύματα. Ένα παράδειγμα είναι το Mbone.

Οι παραπάνω τύποι δικτύων μπορούν να συνδυαστούν έτσι ώστε να δημιουργηθούν διάφορα ετερογενή δίκτυα. Για παράδειγμα τα modems μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συνδέσεις μεταξύ servers και clients, ενώ ταυτόχρονα οι servers μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με multicast. Κάθε συνδυασμός δικτύων έχει ένα μοναδικό σύνολο από τρόπους μετάδοσης και χαρακτηριστικά μετάδοσης τα οποία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τον σχεδιασμό των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως δύο βασικοί τύποι δικτυακών τοπολογιών εφαρμόζονται σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα: peer-to-peer και client-server. Επίσης υπάρχουν και διάφορες υβριδικές τοπολογίες ανάλογα με τον συνδυασμό των παραπάνω τοπολογιών και των δικτυακών χαρακτηριστικών.

5.3 Παράδειγμα μετατροπής ενός μονοχρηστικού VRML εικονικού κόσμου σε πολυχρηστικό με χρήση της πλατφόρμας Conference Room

Για την επίδειξη της μετατροπής ενός μονοχρηστικού εικονικού κόσμου σε πολυχρηστικό με την προσέγγιση της πλατφόρμας Conference Room χρησιμοποιείται το προηγούμενο παράδειγμα εικονικού κόσμου (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**).

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν είναι τα παρακάτω:

- Βήμα 1: Διαμοίραση της αναπαράστασης των χρηστών/Αρχικοποίηση του αρχικού εικονικού κόσμου

Στο VRML αρχείο του μονοχρηστικού εικονικού κόσμου απαιτούνται κάποιες απλές μετατροπές για να προκύψει ένας πολυχρηστικός εικονικός κόσμος. Καταρχήν, είναι αναγκαία η προσθήκη ενός κόμβου σύγκρουσης (Collision node) μέσα στον οποίο περιέχεται ένας άλλος κόμβος που αποτελεί τη ρίζα στην οποία θα προστίθενται, ως παιδιά της, τα avatars των χρηστών που εισέρχονται στον κόσμο. Ο κόμβος αυτός πρέπει να έχει το όνομα avatarRoot και χωρίς αυτόν δεν θα είναι δυνατή η προσθήκη των avatars άλλων χρηστών. Χρησιμοποιώντας το Collision node, τα avatars θα μπορούν να υποστηρίζουν έλεγχο σύγκρουσης, δημιουργώντας μια πιο ρεαλιστική αίσθηση του εικονικού χώρου στους χρήστες, κατά την πλοήγησή τους σε αυτόν.

```

Collision {
    children DEF AvatarRoot Group { children [ ] }
}
DEF ProxSensor ProximitySensor {
    size 1000 1000 1000
}

```

Εικόνα 4: Απαραίτητοι κόμβοι για την διαμοίραση των avatars

Ακολουθώς, πρέπει να προστεθεί στον εικονικό κόσμο ένας αισθητήρας περιοχής (Proximity Sensor), ο οποίος θα τροφοδοτεί το σύστημα με τη θέση και την κατεύθυνση του κάθε χρήστη μέσα στον εικονικό κόσμο. Η λειτουργία του έχει ως εξής: Κάθε χρήστης στέλνει στον ΕΓ τη δική του θέση μέσα στον εικονικό κόσμο που καθορίζεται από το Proximity Sensor. Ο ΕΓ αναλαμβάνει τότε την μεταφορά αυτής της πληροφορίας στο avatar που αντιπροσωπεύει τον χρήστη και το μεταδίδει σε όλους τους χρήστες. Με τον τρόπο αυτό, όταν ένας χρήστης μετακινείται μέσα στο εικονικό περιβάλλον, οι υπόλοιποι βλέπουν το avatar που τον αντιπροσωπεύει να εκτελεί την αντίστοιχη κίνηση υλοποιώντας της ψευδαίσθηση του ενιαίου χώρου και χρόνου.

Με την εισαγωγή του Collision node (που αποτελεί την ρίζα -root- των avatars των χρηστών) και του Proximity sensor node (που είναι υπεύθυνος για την αποστολή των μηνυμάτων θέσης -position- και προσανατολισμού -orientation- των avatars στον εικονικό κόσμο) διαμοιράζεται η αναπαράσταση των χρηστών (Εικόνα). Τα επόμενα βήματα για την υλοποίηση ενός πολυχρηστικού εικονικού κόσμου είναι η επιλογή των διαμοιράσιμων κόμβων και διαδρομών που πρόκειται να διαμοιραστούν και η δημιουργία του SVE αρχείου.

- Βήμα 1: Διαμοίραση της αναπαράστασης των χρηστών/Αρχικοποίηση του αρχικού εικονικού κόσμου

Η τεχνική που προτείνεται να ακολουθείται για την επιλογή των προς διαμοίραση διαδρομών και κόμβων, είναι αρχικά ο καθορισμός των ενεργειών που απαιτείται να είναι διαμοιράσιμες (στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι η διαμοίραση της περιστροφής του κύβου).

```

#VRML V2.0 utf8

# Step 1: Addition of Avatar Root and Proximity Sensor

Collision {

  children DEF AvatarRoot Group { children [ ] }

DEF ProxSensor ProximitySensor {

  size 1000 1000 1000 }

Group { children [

  DEF box Transform {

    children Shape { geometry Box { } }

  DEF sensor SphereSensor {

    }}

# Step 2: Removal of the shared ROUTES

#ROUTE sensor.rotation_changed TO box.set_rotation

```

Εικόνα 5: Απλό παράδειγμα πολυχρηστικού VRML εικονικού κόσμου με την χρήση του Conference Room

Στη συνέχεια, απαιτείται η εύρεση των διαδρομών (ROUTES) που υλοποιούν την μεταφορά των εξερχόμενων VRML γεγονότων, που ενεργοποιούν τις ενέργειες που επιλέχθηκαν προηγουμένως, στα εισερχόμενα VRML γεγονότα πάνω στα οποία εφαρμόζονται οι ενέργειες. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η διαδρομή που ενεργοποιεί την περιστροφή του κύβου ξεκινούσε από το εξερχόμενο γεγονός "rotation_changed" του κόμβου "sensor" και κατέληγε στη εισερχόμενο γεγονός "set_rotation" του κόμβου box.

Αφού δεν είναι επιθυμητό οι ενέργειες αυτές να εκτελούνται πλέον τοπικά, οι προαναφερθείσες διαδρομές πρέπει να αφαιρεθούν από το VRML αρχείο και να προστεθούν ως έχουν στο SVE αρχείο.

Με την αφαίρεση των προς διαμοίραση ROUTE έχει δημιουργηθεί ο πολυχρηστικός εικονικός κόσμος που περιγράφεται στην Εικόνα .

- Βήμα 3: Δημιουργία του SVE αρχείου

Ακολουθώντας εισάγονται στο SVE αρχείο η δήλωση των κόμβων που επιθυμούμε να διαμοιράσουμε, σύμφωνα με την σύνταξη που καθορίζει ο **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε..**

Πιο συγκεκριμένα ο κόμβος πηγή μιας διαδρομής (ROUTE) που θέλουμε να διαμοιράσουμε (μαζί με το αντίστοιχο eventOut) και ο κόμβος προορισμός του ROUTE (μαζί με το αντίστοιχο eventIn) προστίθενται στο SVE αρχείο. Επίσης τα

ROUTEs που θέλουμε να διαμοιράσουμε και τα οποία έχουν αφαιρεθεί από τον αρχικό VRML εικονικό κόσμο στο βήμα 2 προστίθενται στο SVE αρχείο.

```
node box
{
    eventIn SFRotation set_rotation;
}
node sensor
{
    eventOut SFRotation rotation_changed;
}
ROUTE sensor.rotation_changed TO box.set_rotation;
```

Εικόνα 6: Απλό παράδειγμα SVE αρχείου

Τέλος, αν κάποιος κόμβος ορίστηκε στο SVE αρχείο ως επέκταση ενός κόμβου ειδικού σκοπού (chair, text, routeCreator) είναι πιθανό να απαιτείται η προσθήκη επιπρόσθετων κόμβων και διαδρομών στο SVE αρχείο. Αν για παράδειγμα, ένας κόμβος ορίστηκε ως επέκταση του κόμβου chair, τότε θα πρέπει να προστεθούν στο SVE αρχείο ο κόμβος που περιέχει το eventOut που ενεργοποιεί το κάθισμα, ο κόμβος που περιέχει το eventOut που απενεργοποιεί το κάθισμα και οι δύο διαδρομές από τα εξερχόμενα γεγονότα (eventOut) που ενεργοποιούν/απενεργοποιούν το κάθισμα στα εισερχόμενα γεγονότα (eventIn) του κόμβου που επεκτείνει τον κόμβο chair με τα ονόματα sit_activate/stand_activate αντίστοιχα. Η περιγραφή και ο τρόπος διαχείρισης των κόμβων ειδικού σκοπού αναφέρονται στην συνέχεια.

5.3.1 Κόμβοι ειδικού σκοπού: text, chair και routeCreator

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η πλατφόρμα Conference Room υποστηρίζει τρεις ειδικούς τύπους κόμβων (text, chair και routeCreator) για να επεκτείνει τις δυνατότητες ενός διαμοιραζόμενου κόσμου. Κατά τη δήλωση ενός κόμβου στο SVE αρχείο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας από τους προκαθορισμένους κόμβους text, chair και routeCreator ώστε να έχει κάποιες περαιτέρω λειτουργικότητες. Τα χαρακτηριστικά των κόμβων αυτών, καθώς και ο τρόπος χρήσης τους με παραδείγματα, παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

5.3.2 Κόμβος κειμένου (*text node*)

Ο κόμβος κειμένου (*text node*) είναι ένας VRML κόμβος ο οποίος υποστηρίζει τη δυνατότητα εισαγωγής κειμένου από τη μονάδα εισόδου (πληκτρολόγιο) του χρήστη στον εικονικό κόσμο κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης.

<pre>α) DEF textInput Script { eventIn SFBool getText eventIn SFString java2vrm1 eventOut SFBool vrm12java eventOut SFString insertedText url "javascript: function getText (value, timestamp) { if (value) { vrm12java = TRUE; } } function java2vrm1 (value, timestamp) { insertedText = value; }" }</pre>
<pre>β) node textInput implements text { eventOut SFBool vrm12java; eventIn SFString java2vrm1; }</pre>

Πίνακας 1: Παράδειγμα χρήσης του ειδικού κόμβου *text*

Ο κόμβος κειμένου περιέχει ένα ειδικό πεδίο το οποίο όταν ενεργοποιηθεί ανοίγει ένα ειδικό παράθυρο μέσα στο οποίο ο χρήστης μπορεί να πληκτρολογήσει το κείμενο που επιθυμεί. Στη συνέχεια, το κείμενο μεταφέρεται μέσα στον εικονικό κόσμο (μέσω ενός άλλου πεδίου), δίνοντας την ευχέρεια στον προγραμματιστή του εικονικού

κόσμου να το επεξεργαστεί όπως αυτός επιθυμεί. Η δημιουργία του κόμβου κειμένου αποφασίστηκε για την δυναμική εισαγωγή κειμένου σε έναν εικονικό κόσμο, κάτι το οποίο δεν υποστηρίζεται μέχρι σήμερα στην VRML.

Για να δηλωθεί ένας κόμβος ως επέκταση του κόμβου κειμένου, θα πρέπει να έχει τουλάχιστο ένα eventOut τύπου SFBool με όνομα vrml2java και ένα eventIn τύπου SFString με όνομα java2vrml. Σε αντίθετη περίπτωση, ο αναλυτής (parser) του SVE αρχείου θα επιστρέψει μήνυμα λάθους στο σημείο αυτό. Το script περιγράφει ο Πίνακας α μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κόμβος "text". Εισάγοντας στη συνέχεια τον απαραίτητο κώδικα (που παρουσιάζει ο Πίνακας β) στο SVE αρχείο, συνδέουμε το eventOut και το eventIn τύπου SFBool και SFString αντίστοιχα, του κόμβου textInput με το Java applet. Το eventOut ειδοποιεί το applet να ενεργοποιήσει ένα νέο (pop-up) παράθυρο και το eventIn επιστρέφει το εισαχθέν κείμενο στον VRML κόμβο.

5.3.3 Κόμβος κάθισμα (*chair node*)

Ο κόμβος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται η ύπαρξη καθισμάτων στον εικονικό κόσμο πάνω στα οποία θα μπορούν να κάθονται τα avatars των χρηστών.

```
α)  DEF Sit1 Transform
    {
        children [
            Transform {
                Children Shape {
                    geometry Cylinder {
                        radius 0.3
                        height 0.6
                    }
                }
            }
        ]
        DEF Sit1Sensor TouchSensor { }
    }
}
```



```

β)  node Sit1 implements chair
    {
        eventOut SFVec3f chair_position -3 1.7 -11.5;
        eventOut SFRotation chair_orientation 0 1 0 -1.57;
        eventIn SFBool sit_activate FALSE;
        eventIn SFBool stand_activate FALSE;
        eventIn SFString occupier "none";
    }

```

Πίνακας 2: Παράδειγμα χρήσης του ειδικού κόμβου chair

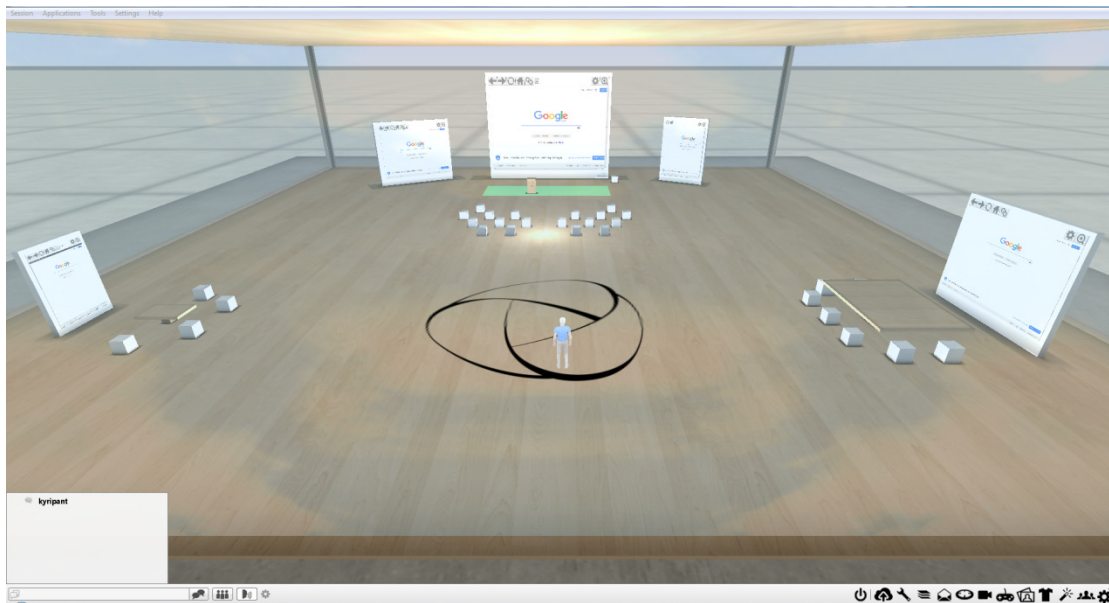
Όταν ένας VRML κόμβος επεκτείνει ένα κόμβο κάθισμα, τότε αυτός θα πρέπει να καθορίσει κάποιες συντεταγμένες μέσα στον εικονικό κόσμο. Όταν ενεργοποιηθεί ένα ειδικό πεδίο του κόμβου αυτού, τότε ο χρήστης μεταφέρεται στο καθορισμένο σημείο, οδηγώντας το avatar του να καθίσει εκτελώντας την κατάλληλη κίνηση και να παραμείνει ακίνητο ωσότου ένα άλλο ειδικό πεδίο ενεργοποιηθεί το οποίο οδηγεί το avatar να σταθεί όρθιο στο σημείο που βρισκόταν αρχικά.

Όταν ένας χρήστης επιλέγει να καθίσει σε έναν κόμβο τύπου "chair" τότε το avatar επιλέγει τη στάση "sit down" και τοποθετείται πάνω από τον κόμβο. Η ακριβής θέση και ο προσανατολισμός του avatar καθορίζονται ως πεδία στον ορισμό του κόμβου στο SVE αρχείο. Έστω ότι θέλουμε ο κόμβος που περιγράφει ο Πίνακας α να λειτουργεί ως κάθισμα στον εικονικό κόσμο. Μετατρέπουμε αυτό τον κόμβο σε κόμβο "chair" προσθέτοντας τον κώδικα που περιγράφει ο Πίνακας στο SVE αρχείο. Τα eventOut "chair_position" και "chair_orientation" καθορίζουν το ακριβές σημείο και τον προσανατολισμό που θα έχει το avatar όταν επιλέξει το κάθισμα. Τα eventIn "sit_activate" και "stand_activate" είναι αυτά που ενεργοποιούν το κάθισμα και μεταφέρουν το avatar στη θέση που καθορίζει το κάθισμα (sit_activate) ή το επαναφέρουν στη θέση που ήταν πριν ενεργοποιηθεί το κάθισμα (stand_activate). Τέλος το eventIn occupier περιέχει το προσωνύμιο του χρήστη που κατέχει το κάθισμα, ή τη λέξη "none" αν δεν χρησιμοποιεί κανείς το κάθισμα. Αν ένας κόμβος που δηλωθεί ότι επεκτείνει τον κόμβο chair δεν περιέχει τουλάχιστο τα πέντε αυτά πεδία ο αναλυτής του SVE αρχείου θα επιστρέψει μήνυμα λάθους στο σημείο αυτό.

5.4Η εικονική αίθουσα διδασκαλίας

Εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον δεν μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε τρισδιάστατο περιβάλλον. Ένα ΕΕΠ πρέπει να παρέχει στους χρήστες του εργαλεία που θα υποστηρίξουν την εκπαιδευτική διαδικασία. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής δημιουργήθηκε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον με στόχο τόσο τη διευκόλυνση της διδασκαλίας αλλά και τη συμβατότητα με τη χρησιμοποιούμενη πλατφόρμα. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα τμήματα του περιβάλλοντος αυτού.

Δημιουργήθηκε μία αίθουσα με σκοπό την εξυπηρέτηση φοιτητών και καθηγητών. Τα εργαλεία που εξυπηρετούν τη μαθησιακή διαδικασία εντοπίζονται όλα στην αίθουσα διδασκαλίας. Μία εικόνα του κόσμου είναι η εξής:



Εικόνα 7: Αίθουσα διδασκαλίας

5.4.1 Σχεδιασμός του περιβάλλοντος

Ο σχεδιασμός του περιβάλλοντος έγινε μέσω του προγράμματος 3D Studio Max. Στόχος κατά το σχεδιασμό της αίθουσας ήταν ένα αισθητικά ικανοποιητικό περιβάλλον, χωρίς να γίνουν ιδιαίτεροι συμβιβασμοί για τη μείωση του αριθμού των πολυγώνων και το μικρό μέγεθος του κόσμου. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν ένας κόσμος που αποτελείται από 15404 πολύγωνα. Στον κόσμο αυτό χρησιμοποιήθηκαν textures (υφές). Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού, είχαμε ένα αρχείο lwo (το format αρχείων του 3D Studio MAX) με την γεωμετρία της αίθουσας.

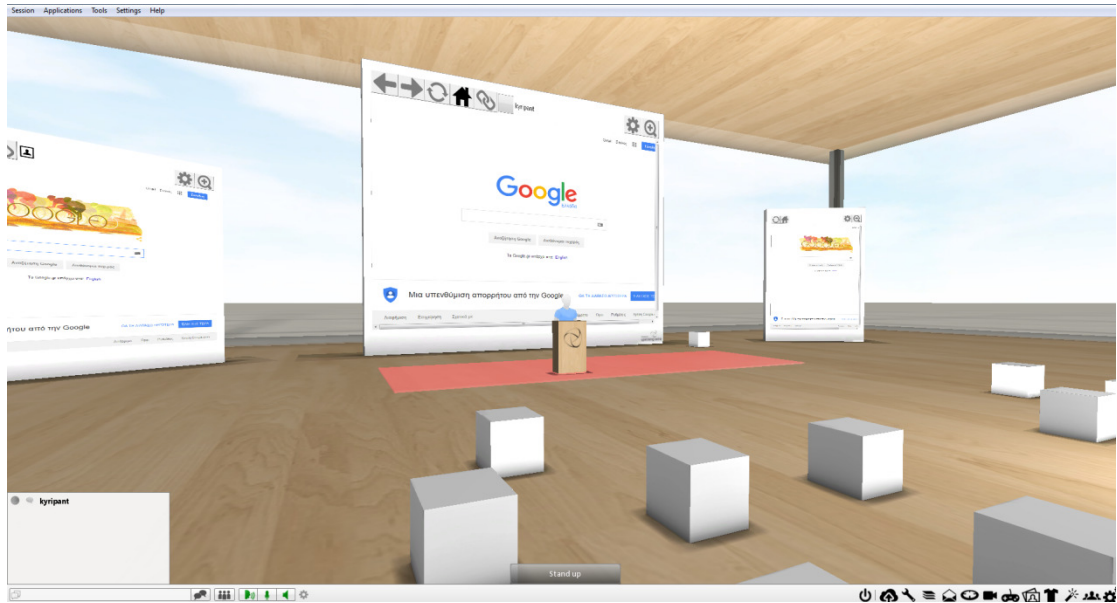
Δεύτερο βήμα ήταν ο φωτισμός του κόσμου. Μια πιθανή λύση θα ήταν να αφήσουμε το φωτισμό στον vrml browser. Στην περίπτωση αυτή, θα έπρεπε να εξαχθεί η γεωμετρία της αίθουσας σε ένα αρχείο VRML (το 3D Studio MAX παρέχει αυτή τη δυνατότητα), και στη συνέχεια να ορίσουμε μια σειρά από φώτα, τα οποία φωτίζουν την αίθουσα. Ο φωτισμός θα γινόταν δυναμικά, από τον vrml browser. Λέγοντας δυναμικά, εννοούμε ότι σε κάθε καρέ που θα εμφανιζόταν ο κόσμος στον vrml browser του χρήστη, ο renderer του browser θα υπολόγιζε ξανά από το μηδέν το φωτισμό για όλα τα ορατά pixels, χρησιμοποιώντας τα φώτα και τις ιδιότητες των υλικών των

αντικειμένων. Ωστόσο, η VRML (και συνεπώς και ο Cortona) δεν υποστηρίζει σκιές. Τα αντικείμενα, δηλαδή, δεν ρίχνουν σκιές στο περιβάλλον τους. Επιπλέον, μια και ο φωτισμός υπολογίζεται σε κάθε καρέ, όπως αναφέρθηκε, χρησιμοποιείται μια προσέγγιση του φυσικού μοντέλου, που δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Το τελικό αποτέλεσμα δεν είναι αρκετά ρεαλιστικό.

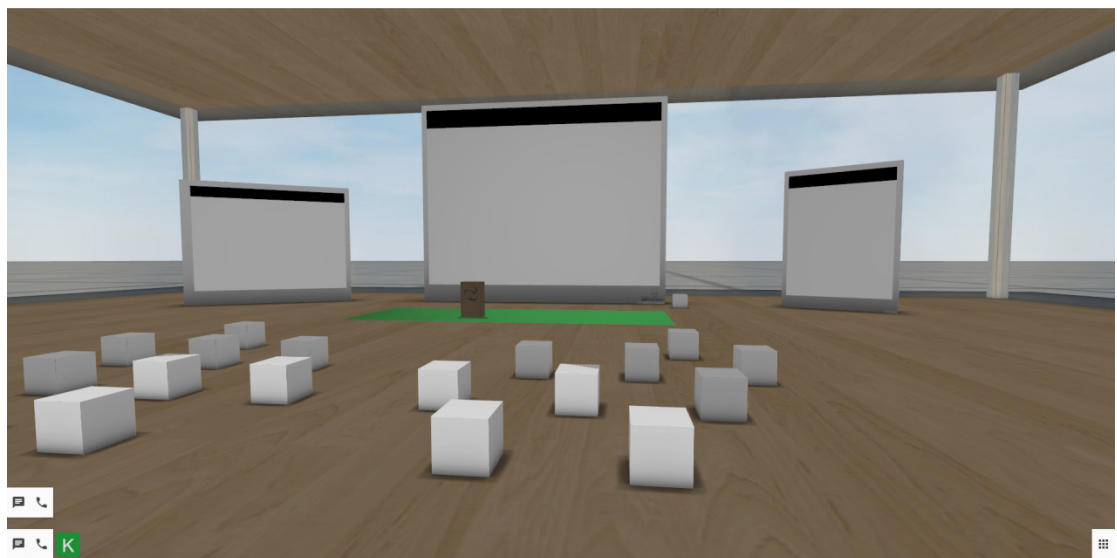
Η λύση που δώσαμε ήταν να υπολογιστεί ο φωτισμός της αίθουσας από πριν, χρησιμοποιώντας ένα φυσικά ορθό μοντέλο, και τα δεδομένα που θα προκύψουν να γραφούν στο VRML αρχείο, για χρήση από τον vtml browser. Συγκεκριμένα, η VRML παρέχει τη δυνατότητα, σε κάθε σημείο (vertex) που ορίζει τη γεωμετρία του τρισδιάστατου κόσμου να αποδώσουμε ένα χρώμα. Όταν σε ένα τρίγωνο, τα τρία σημεία του έχουν διαφορετικά χρώματα, το τρίγωνο θα απεικονιστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να γίνεται μια ομαλή μετάβαση μεταξύ των τριών χρωμάτων. Έτσι, για να χρησιμοποιήσουμε δεδομένα φωτισμού υπολογισμένα εκ' των προτέρων, αρκεί σε κάθε vertex να δώσουμε το χρώμα που αντιστοιχεί στο φωτισμό του (π.χ. ένα vertex που είναι πλήρως στη σκιά, θα έχει μαύρο χρώμα), και στη συνέχεια να απενεργοποιήσουμε το δυναμικό φωτισμό του vtml browser, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν μόνο τα προϋπολογισμένα δεδομένα.

Ο υπολογισμός του φωτισμού έγινε χρησιμοποιώντας το μοντέλο Global Illumination που παρέχει το πρόγραμμα 3D Studio MAX. Τα μοντέλα φωτισμού που χαρακτηρίζονται ως Global Illumination (radiosity) είναι φυσικά ορθά μοντέλα. Αυτό σημαίνει ότι υπολογίζουν τον φωτισμό με έναν αλγόριθμο που προσομοιώνει τις πραγματικές φυσικές διεργασίες. Συγκεκριμένα, το photon mapping, που είναι ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται από το 3D Studio MAX, λειτουργεί χοντρικά ως εξής: για κάθε φωτεινή πηγή, στέλνεται ένας αριθμός (εικονικών) φωτονίων, προς τυχαίες κατευθύνσεις, με μια χωρική κατανομή που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της φωτεινής πηγής. Για κάθε φωτόνιο, το πρόγραμμα βρίσκει την πρώτη επιφάνεια στην οποία αυτό θα προσκρούσει. Με την πρόσκρουση, η επιφάνεια απορροφά ένα μέρος από την ενέργεια του φωτονίου, με αποτέλεσμα να φωτιστεί. Το φωτόνιο, με την ενέργεια που απέμεινε, είτε θα ανακλαστεί, είτε θα διαθλαστεί, είτε θα απορροφηθεί πλήρως, τυχαία, με μια κατανομή ανάλογη με τις ιδιότητες του υλικού της επιφάνειας στην οποία προσέκρουσε. Μετά από έναν συγκεκριμένο αριθμό αλληλεπιδράσεων, το φωτόνιο καταστρέφεται, για περιορισμό του αριθμού των υπολογισμών. Ο αλγόριθμος αυτός είναι ένας Monte-Carlo πιθανοτικός αλγόριθμος, που μπορεί να αναπαραστήσει όλες τις αλληλεπιδράσεις του φωτός. Στην πραγματικότητα, βέβαια, είναι αρκετά πιο περίπλοκος από το παραπάνω. Ο χρόνος που χρειάζεται για τον υπολογισμό του φωτισμού με τέτοιους αλγορίθμους είναι ιδιαίτερα μεγάλος, αφού απαιτείται πολύ μεγάλος αριθμός φωτονίων, και για το καθένα γίνονται αρκετοί υπολογισμοί.

Στην περίπτωση της αίθουσας, ως φωτεινές πηγές ορίστηκαν τα παράθυρα. Έτσι, κάθε παράθυρο παράγει διάχυτο φωτισμό. Επειδή ο φωτισμός αποθηκεύεται σε κάθε σημείο της σκηνής, πρέπει να υπάρχει μια αρκετά πυκνή κατανομή των σημείων (vertices) στο τρισδιάστατο μοντέλο. Έτσι, πριν τον υπολογισμό του φωτισμού έγινε subdivision της γεωμετρίας, με το subdivision modifier του 3DS MAX. Ο υπολογισμός του φωτισμού χρειάστηκε περίπου 3 ώρες σε έναν Athlon 1000 (σε αντίθεση με τα ελάχιστα millisecond που χρειάζεται ο δυναμικός φωτισμός, που γίνεται σε κάθε καρέ). Το τελικό αποτέλεσμα, σε αντιπαράθεση με το δυναμικό φωτισμό, φαίνεται παρακάτω:

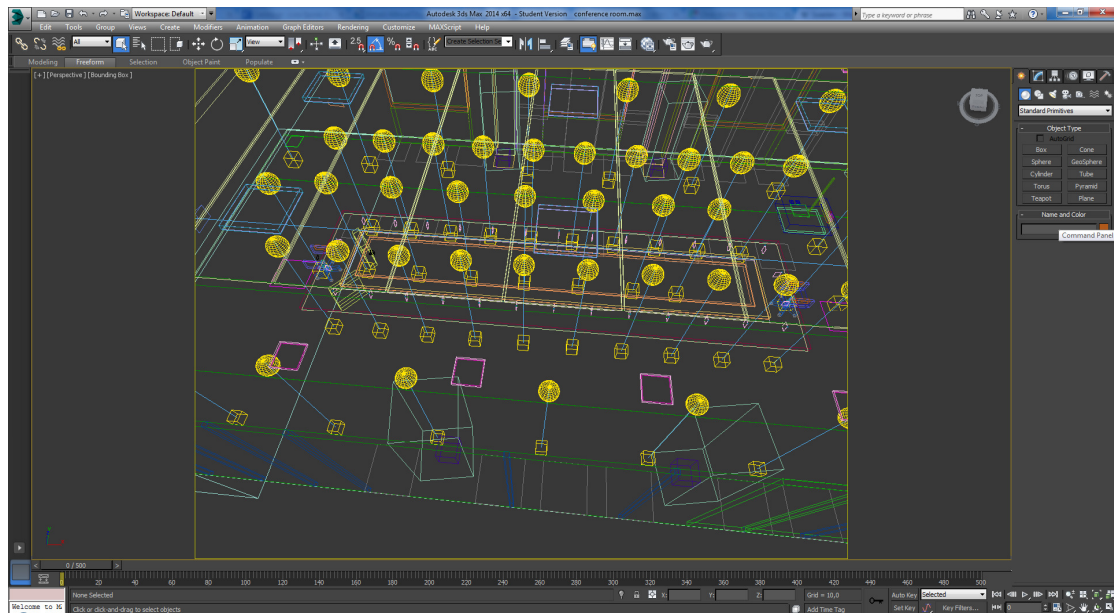


Εικόνα 8: Αίθουσα διδασκαλίας & Avatar



Εικόνα 9: Η αίθουσα μετά την εφαρμογή του radiosity

Το 3DS MAX παρέχει τη δυνατότητα να εξαχθεί ο κόσμος σε ένα αρχείο VRML. Ωστόσο, αν και ενεργοποιήσαμε την επιλογή με την οποία τα χρώματα των vertices γράφονται στο αρχείο VRML, το 3DS MAX αρνήθηκε πεισματικά να εξαγάγει και τα χρώματα. Έτσι, αναγκαστήκαμε να εξαγάγουμε το αρχείο σε ASE format, το οποίο είναι ένα άλλο text format περιγραφής τρισδιάστατων αντικειμένων, στο οποίο η εξαγωγή των χρωμάτων των vertices λειτουργούσε σωστά. Στη συνέχεια, γράψαμε ένα μικρό πρόγραμμα σε C++, το οποίο διάβαζε αρχεία .ASE και παρήγαγε τα ισοδύναμα αρχεία VRML. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργήσαμε τελικά το ζητούμενο αρχείο VRML.



Εικόνα 10: Το wireframe της αίθουσας

5.4.2 Διαμοίραση του κόσμου

Αφού έγινε ο σχεδιασμός του κόσμου, έπρεπε να προστεθεί και η αντίστοιχη λειτουργικότητα. Έτσι, γράψαμε αρκετά scripts και προσθέσαμε κάποιους κόμβους, ώστε να υλοποιήσουμε τις σύνθετες λειτουργίες της αίθουσας. Αυτό κατέληξε, τελικά, σε έναν VRML κόσμο, ο οποίος λειτουργούσε με τον επιθυμητό τρόπο, αλλά σε stand-alone μορφή.

Το επόμενο βήμα, ήταν η διαμοίραση του. Η διαμοίραση, παρά την πολυπλοκότητα του κόσμου, είναι αρκετά απλή. Συνίσταται απλώς στον ορισμό των διαμοιραζόμενων ROUTEs και Scripts. Έτσι, για παράδειγμα, δίπλα σε κάθε ROUTE που αντιστοιχεί στην αλλαγή περιοχής στο τραπέζι (δηλαδή στα whiteboard, brainstorming board κτλ) προστέθηκε ένα σχόλιο #shared, ώστε τα ROUTEs αυτά να διαμοιραστούν, και μόλις ένας χρήστης ενεργοποιήσει π.χ. το whiteboard, όλοι οι άλλοι να βλέπουν την αλλαγή.

Το πιο περίπλοκο σημείο, ίσως, ήταν η διαμοίραση των scripts τα οποία δημιουργούν νέα αντικείμενα. Για παράδειγμα, τόσο το whiteboard όσο και το brainstorming board βασίζονται στη δυναμική δημιουργία αντικειμένων, όπως γραμμές, σχήματα και κείμενο. Αυτό υπαγόρευε την εκτέλεση των scripts αυτών στην πλευρά του server. Από την άλλη πλευρά, κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού ή της τοποθέτησης ενός αντικειμένου, δημιουργούνται πάρα πολλά events. Όταν, π.χ. ο χρήστης κάνει drag τον κέρσορα για να σχεδιάσει μια έλλειψη στο whiteboard, παράγεται ένας πολύ μεγάλος αριθμός από events ανά δευτερόλεπτο. Αν όλο το αντίστοιχο script βρισκόταν στο server, όλα αυτά τα events θα έπρεπε να σταλούν σε αυτόν μέσω του δικτύου, αυξάνοντας υπερβολικά την κυκλοφορία. Επιπλέον, κάτι τέτοιο θα ήταν

περιττό, γιατί δεν είναι ανάγκη οι άλλοι χρήστες να βλέπουν τη διαδικασία του σχεδιασμού ενός σχήματος από κάποιον, αλλά μόνο το τελικό σχήμα που προκύπτει.

Η λύση που δώθηκε ήταν να «σπάσουν» τα scripts σε δύο τμήματα: το ένα βρίσκεται στη μεριά του client και θα αναλάμβανε όλη την αλληλεπίδραση με το χρήστη κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, και όλες τις μη-διαμοιραζόμενες λειτουργίες, ενώ το άλλο τμήμα βρίσκεται στην πλευρά του server, και αναλαμβάνει μόνο τις διαμοιραζόμενες λειτουργίες, και συγκεκριμένα, τη δημιουργία νέων αντικειμένων και την τροποποίηση και κατάργηση των παλαιότερων. Μόλις ο χρήστης ολοκληρώσει το σχεδιασμό, το script που βρίσκεται στην πλευρά του client στέλνει τα απαραίτητα δεδομένα στο script το οποίο βρίσκεται στην πλευρά του server. Το τελευταίο αναλαμβάνει να δημιουργήσει το νέο αντικείμενο. Το αποτέλεσμα είναι όλοι οι χρήστες να δουν την αλλαγή. Τα scripts που εκτελούνται στον server είναι γραμμένα σε java, μια και το interface για java παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία και ταχύτητα.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η διαμοίραση γίνεται με διαφάνεια προς το χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι, ορίζοντας ένα script ως διαμοιραζόμενο, ο χρήστης δεν χρειάζεται να γνωρίζει τίποτα σχετικά με το που θα εκτελεστεί αυτό, και τι επικοινωνία θα γίνει στο υπόβαθρο ανάμεσα στον server και τους clients. Η μόνη γενική αρχή που πρέπει να τηρείται κατά τη διαμοίραση ενός κόσμου είναι να κρατιέται η ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ διαμοιραζόμενων και μη scripts και μέσω διαμοιραζόμενων routes στο ελάχιστο. Διαφορετικά, μπορεί να αυξηθεί σημαντικά η κυκλοφορία στο δίκτυο.

Γενικά, η διαμοίραση είναι εξαιρετικά απλή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι, για τη διαμοίραση ενός έτοιμου κόσμου που πήραμε από το δικτυακό τόπο της ParallelGraphics, που προσομοιώνει πλήρως τη λειτουργία ενός κιβωτίου ταχυτήτων αυτοκινήτου, χρειάστηκαν περίπου 5 λεπτά, παρά την πολυπλοκότητα του κόσμου.

Βιβλιογραφία

- [1] C. Youngblut, "Educational Uses of Virtual Reality Technology", Institute of Defense Analyses Document D-2128, January 1998.
- [2] McFarlane and De Rijcke, "Educational use of ICT", September 1999.
- [3] Williams G., Smith L., Lawson T., Lord B., Hadler D., Murphy R., Merkel J., "A guide to the educational use of multimedia".
- [4] Singhal S., Zyda M., "Networked Virtual Environments: Design and Implementation", ISBN 0-201-32557-8, ACM Press, 1999.
- [5] Schneider D.K., "Virtual Environments for Education, Research and Life", Position Paper for the WWW5 workshop on Virtual Environments and the WWW, 1996.
- [6] Frazier C., Kempf R., "OpenGL Reference Manual: The Official Reference Document to OpenGL, Version 1.1", OpenGL Architecture Review Board, MA: Addison-Wesley, 1997.
- [7] Sutherland I. E., "A head-mounted three dimensional display", AFIPS Conference Proceedings, vol. 33, I:757-764, 1968.
- [8] Cruz-Neira C., Sandin D.J., DeFanti T.A., "Surrounding projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE", proceedings of ACM SIGGRAPH, Anaheim, July 1993.
- [9] Broll, W.: "Requirements for Distributed Virtual Environments on the Internet". In Proceedings of the HICSS '97 (30th Annual Hawaii International Conference on System Sciences) (Wailea, Maui, Hawai'i, January 7-10, 1997), IEEE Computer Society Press, Washington, USA, Vol I, 663-664.
- [10] Gibson W. "Neuromancer", Ae Books 1985.
- [11] Hartman J., wernecke J., "the VRML 2.0 Handbook: Building Moving Worlds on the Web", Addison-Wesley, 1996.
- [12] Stephenson N., "Snow Crash", Bantam Spectra, 1992.

DIVE

- [13] Carlson C., Hagsand O., "DIVE-A platform for multi-user virtual environments", Computers & Graphics, pp. 663-669, 1993.
- [14] Carlson C., Hagsand O., "DIVE-A multi-user virtual reality system", proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, pp. 394-400, September 1993.

BrickNet

- [15] G. Singh, L. Serra, W. Png, A. Wong, et al., "BrickNet: software toolkit for network-based virtual environments". PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments 3(1): 19-34, Winter 1994.

- [16] G. Singh, L. Serra, W. Png, A. Wong, and H. Ng, "BrickNet: Sharing Object Behaviors on the Net", VRAIS 95, pp. 19 - 25.

NPSNET

- [17] Macedonia M., Zyda R., Michael J., Pratt, David R., Barham, Paul T. and Zeswitz, Steven, "NPSNET: A Network Software Architecture for Large Scale Virtual Environments", Presence, Vol. 3, No. 4. Fall 1994.
- [18] Zyda M., Pratt D., Pratt S., Barham P., Falby J., "NPSNET-HUMAN: Inserting the Human into the Networked Synthetic Environment", in the Proceedings of the 13th DIS Workshop, 18 - 22 September 1995, Orlando, Florida, pp.103-106. <http://www.npsnet.org/~zyda/pubs/DIS.Humans.Sept95.pdf>.
- [19] Lentz, F., Shaffer A., Pratt D., Falby J., Zyda M., "NPSNET: Naval Training Integration," in the Proceedings of the 13th DIS Workshop, 18-22 September 1995, Orlando, Florida, pp. 107-112. <http://www.npsnet.org/~zyda/pubs/DIS.Naval.Sept95.pdf>.
- [20] Macedonia M., Brutzman P., Zyda M., Pratt D., Barham P., Falby J., Locke J., "NPSNET: A Multi-Player 3D Virtual Environment Over the Internet," in the Proceedings of the 1995 Symposium on Interactive 3D Graphics, 9 - 12 April 1995, Monterey, California. <http://www.npsnet.org/~zyda/pubs/Symposium95.pdf>.

dVS

- [21] Grimsdale, C. (1991). dVS, Distributed Virtual Environment System. In Proceedings of the Computer Graphics, Computer Animation, Virtual Reality, Visualisation (pp. 163-170). London, UK, Bleinheim Online.

MASSIVE I, II & III

- [22] Greenhalgh, C., and Benford, S., "MASSIVE: a Distributed Virtual Reality System Incorporating Spatial Trading," in Proc. IEEE 15th International Conference on Distributed Computing Systems (DCS'95), Vancouver, Canada, May 30 - June 2, 1995, IEEE Computer Society. <ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/DCS95.ps.gz>
- [23] Benford, S., Bowers, J., Fahlén, L., and Greenhalgh, C., "Managing mutual awareness in collaborative virtual environments," in the Proc. of the ACM conference on Virtual Reality Software and Technology (VRST'94), Singapore, August 1994, ACM Press. <ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/VRST94.ps.gz>
- [24] Benford, S., Bowers, J., Fahlén, L., Greenhalgh, C., Mariani, J., and Rodden, T., "Networked Virtual Reality and Cooperative Work", to appear in Presence (MIT Press), mid. 1995.
- [25] Greenhalgh, C. M., and Benford, S. D. (1995): "MASSIVE: A Virtual Reality System for Tele-conferencing", ACM Transactions on Computer Human Interfaces (TOCHI), 2 (3), pp. 239-261, ISSN 1073-0516, ACM Press, September 1995. <ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/TOCHI95.ps.gz>
- [26] Greenhalgh, C., and Benford, S., "Virtual Reality Tele-conferencing: Implementation and Experience," to be presented at ECSCW'95.
- [27] Benford S., Lennart F., "A Spatial Model of Interaction in Virtual Environments", in Proc. Third European Conference on Computer Supported

- Cooperative Work (ECSCW'93), Milano, Italy, September 1993.
<ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/ECSCW93.ps.gz>
- [28] Greenhalgh, C., "An experimental implementation of the spatial model," in Proc. 6th ERCIM workshops, Stockholm, June 1-3, 1994, Swedish Institute of Computer Science, Stockholm, Sweden.
<ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/ERCIM94-massive1.ps.gz>
- [29] Greenhalgh, C. (1997): "Analysing movement and world transitions in virtual reality tele-conferencing", Internal report.
<ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/CRG-movement.ps.gz>
- [30] Benford, S., Greenhalgh, C. (1997): "Introducing Third Party Objects into the Spatial Model of Interaction", Internal Report.
<ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/CRG97-model2.ps.gz>
- [31] Benford, S., Greenhalgh, C., Lloyd, D. (1997): "Crowded Collaborative Virtual Environments", to be presented at ACM CHI'97. pages 1-7:
<ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/CHI97a.ps.gz> & page 8
<ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/CHI97b.ps.gz>
- [32] Benford, S., Greenhalgh, C., Snowden, D., Bullock, A. (1997): "Staging a Public Poetry Performance in a Collaborative Virtual Environment", Internal Report. <ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/CRG97-poetry.ps.gz>
- [33] Greenhalgh, C. (1996): "Spatial Scope and Multicast in Large Virtual Environments", Technical Report NOTTCS-TR-96-7, Department of Computer Science, The University of Nottingham, UK.
<ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/NOTTCS-TR-96-7.ps.gz>
- [34] Greenhalgh, C. (1996): "Dynamic, embodied multicast groups in MASSIVE-2", Technical Report NOTTCS-TR-96-8, Department of Computer Science, The University of Nottingham, UK. <ftp://turing.cs.nott.ac.uk/pub/papers/NOTTCS-TR-96-8.ps.gz>
- [35] Roberts D., Sharkey P., "Maximising concurrency and scalability in a consistent, causal, distributed virtual reality system, whilst minimising the effect of network delays", IEEE proc. wetice'97 June 1997,
<http://www.cyber.rdg.ac.uk/people/djr/WWW/Papers/wetice.html>

SPLINE

- [36] Barrus J., Waters R., "QOTA: A Fast, Multi-Purpose Algorithm For Terrain Following in Virtual Environments", VRML Symposium 1997,
<http://www.merl.com/reports/TR96-17/index.html>
- [37] Waters R., "Time Synchronization in Spline",
<http://www.merl.com/reports/TR96-09/index.html>
- [38] Waters R., Anderson D., Barrus J., Brogan D., Casey M., McKeown S., Nitta T., Sterns I., Yerazunis W., "Diamond Park and Spline: A Social Virtual Reality System with 3D Animation, Spoken Interaction, and Runtime Modifiability", Presence: Teleoperators and Virtual Environments.
<http://www.merl.com/reports/TR96-02a/index.html>

- [39] Anderson D., Barrus J., Howard J., Rich C., Shen C., Waters R., "Building Multi-User Interactive Multimedia Environments at MERL", IEEE MultiMedia, 2(4):77-82, Winter 1995. <http://www.merl.com/reports/TR95-17/index.html>
- [40] Barrus J., Waters R., Anderson D., "Locales: Supporting Large Multiuser Virtual Environments," IEEE Computer Graphics and Applications, 16(6):50-57, November 1996. <http://www.merl.com/reports/TR95-16a/index.html>

DIS

- [41] LOCKE, J., "An Introduction to the Internet Networking Environment and SIMNET/DIS", <http://www-nps-net.cs.nps.navy.mil/npsnet/publications/DISIntro.ps.Z>
- [42] Brutzman D., Zyda M., "Cyberspace Backbone (CBone) Design Rationale", Proceedings of the 15th Workshop on Standards for DIS, Orlando, Florida, September 1996, <http://www.npsnet.nps.navy.mil/zyda/pubs/cyberspace.pdf>
- [43] Pratt S., Pratt D., Rieger L., Jackson L., "Implementation of the IsGroupOf PDU for Network Bandwidth Reduction" in the Proceedings of the 15th DIS Workshop, Orlando, FL, Sept 16-20, 1996. <http://www.npsnet.nps.navy.mil/publications/Implementation.of.the.IsGroupOf.PDU.for.Network.Bandwidth.Reduction.pdf>
- [44] Canterbury M., "An Automated Approach to Distributed Interactive Simulation (DIS) Protocol Entity Development" Master's Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California, September 1995, <http://www.npsnet.nps.navy.mil/publications/michael.canterbury.thesis.pdf>
- [45] Zeswitz, Randall S., "NPSNET: Integration of Distributed Interactive Simulation (DIS) Protocol for Communication Architecture and Information Interchange" Master's Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California, September 1993, <http://www.npsnet.nps.navy.mil/publications/Randall.Mackey.thesis.pdf>
- [46] Macedonia M. "A Network Software Architecture for Large Scale Virtual Environments" Ph.D. Dissertation, Naval Postgraduate School, Monterey, California, June 1995. <http://www.npsnet.nps.navy.mil/publications/David.Pratt.thesis.pdf>

DWTP

- [47] Broll W., "DWTP - An Internet Protocol for Shared Virtual Environments", In: Spencer, S. N. (ed.): VRML '98, Virtual Reality Modeling Symposium, Monterey, CA., Feb. 16-19,1998. New York, NY: ACM, 1998, S. 49-56. <http://orgwis.gmd.de/~broll/papers/VRML98.ps.gz>
- [48] Broll W., Schick D., "DWTP - A basis for networked VR on the Internet". In: Bolas, M. T.; Fisher, S. S.; Merritt, J. O. (ed.): Proceedings of IS & TISPIE's Symposium on Electronic Imaging: Science & Technology (EI '98): Workshop on Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems V, January 24-30, 1998, San Jose. Bellingham, WA: The International Society for Optical Engineering(SPIE), 1998, S. 370-380. <http://orgwis.gmd.de/~broll/papers/EI98.ps.gz>
- [49] Broll W., "Bringing People Together - An Infrastructure for Shared Virtual Worlds on the Internet". In Proceedings Sixth IEEE Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (June 18-20, 1997,

MIT, Cambridge, Massachusetts). Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press, 1997. 199-204.
<http://orgwis.gmd.de/~broll/papers/WETICE97.ps.gz>

- [50] Broll W., "Distributed Virtual Reality for Everyone -a Framework for Networked VR on the Internet". In Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium 1997 (VRAIS'97), (March 1-5, Albuquerque, NM), IEEE Computer Society Press, Las Alamitos, CA, March 1997, 121-128.
<http://orgwis.gmd.de/~broll/papers/VRAIS97.ps.gz>
- [51] Broll W., "VRML and the Web: A Basis for Multi-User Virtual Environments on the Internet". In Proceedings of WebNet96, World Conference of the Web Society (San Francisco, CA, Oct. 16-19, 1996), H. Maurer (ed.), AACE, Charlottesville, VA (1996), 51-56.
<http://orgwis.gmd.de/~broll/papers/WEBNET96.html>
- [52] Broll W., "Extending VRML to Support Collaborative Virtual Environments". In Proceedings of CVE'96, Workshop on Collaborative Virtual Environments 1996 (Nottingham, UK, September 19-20, 1996), Departments of Psychology and Computer Science, The University of Nottingham, Nottingham, UK, 47-54
<http://orgwis.gmd.de/~broll/papers/CVE96.html>
- [53] Broll W., Koop T., "VRML: Today and Tomorrow". Computers and Graphics. An International Journal. No. 20, Vol. 3. 1996, D. Krömker (ed.), J. Encarnaçao (ed. in chief). Pergamon Press, Oxford, New York, Tokyo, Seoul (1996), 427-434. Also published in Selected Readings in Computer Graphics 1996. J. Encarnaçao, M. Koch (eds), Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1997, 41-51.
<http://orgwis.gmd.de/~broll/papers/CG96.ps.gz>

ISTP

- [54] Barrus J., Waters R., Anderson D., "Locales and Beacons: Efficient and Precise Support for Large Multi-User Virtual Environments", technical report 95-16a, MERL Cambridge MA, August 1996.
- [55] Barrus J., Waters R., Anderson D., "Locales: Supporting large multiuser virtual environments", IEEE Computer Graphics and Applications, 16(6):50-57, November 1996.
- [56] Waters R.C., Anderson D.B., & Schwenke D.L., "Design of the Interactive Sharing Transfer Protocol", Postproc. WETICE '97, IEEE Sixth Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, (MIT, June 1997), IEEE Computer Society Press, Los Alamitos CA, 1997.
- [57] Richard C. Waters, David B. Anderson, Derek L. Schwenke The Interactive Sharing Transfer Protocol Version 1.0, Available as Report TR97-10, at
<http://www.merl.com/reports/TR97-10/index.html>

VIP

- [58] Teraoka F., Tokoro M., "Host Migration Transparency in IP Networks: The VIP Approach", Sony CSL technical report SCSL-TR-93-001, also appeared in ACM Computer Communication Review Vol.23, No.1, January 1993.
<ftp://ftp.csl.sony.co.jp/CSL/CSL-Papers/93/SCSL-TR-93-001.ps.Z>
- [59] Teraoka F., Claffy K., Tokoro M., "Design, Implementation, and Evaluation of Virtual Internet Protocol", Sony CSL technical report SCSL-TR-92-003, also

appeared in Proceedings of the 12th International Conference on Distributed Computing Systems, June, 1992, March 1992. <ftp://ftp.csl.sony.co.jp/CSL/CSL-Papers/92/SCSL-TR-92-003.ps.Z>

- [60] Teraoka F., Yokote Y., Tokoro M., "Host Migration Transparency in Wide Area Networks", Sony CSL technical report SCSL-TR-92-002, also appeared in Computer Software, Vol.9, No.3, May, 1992, in Japanese, January 1992. <ftp://ftp.csl.sony.co.jp/CSL/CSL-Papers/92/SCSL-TR-92-002j.ps.Z>
- [61] Teraoka F., Yokote Y., Tokoro M., "A Network Architecture Providing Host Migration Transparency", Sony CSL technical report SCSL-TR-91-004, also appeared in Proceedings of SIGCOMM'91 SYMPOSIUM, Communications Architectures & Protocols, September 1991. <ftp://ftp.csl.sony.co.jp/CSL/CSL-Papers/91/SCSL-TR-91-004.ps.Z>
- [62] Teraoka F., Yokote Y., Tokoro M., "Virtual Network: Towards Location Transparent Communication in Large Distributed Systems", Sony CSL technical report SCSL-TR-90-005, in Proceedings of 5th International Workshop on Computer Communications, June 1990. <ftp://ftp.csl.sony.co.jp/CSL/CSL-Papers/90/SCSL-TR-90-005.ps.Z>
- [63] Teraoka F., Yokote Y., Tokoro M., "Muse-IP: A Network Layer Protocol for Large Distributed Systems with Mobile Hosts", Sony CSL technical report SCSL-TR-89-003, in Proceedings of the 4th Joing Workshop on Computer Communications, June 1989. <ftp://ftp.csl.sony.co.jp/CSL/CSL-Papers/89/SCSL-TR-89-003.ps.Z>

VRTP

- [64] Brutzman D., Zyda M., Watsen K., "virtual reality transfer protocol (vrtp) design rationale", , and Macedonia M., In Proceedings of the IEEE Sixth International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE'97), Distributed System Aspects of Sharing a Virtual Reality workshop, 179-186, IEEE Computer Society, Cambridge, MA, June 1997.
- [65] Κεφάλαιο 4 Funkhouser Th., "Network Topologies for Scalable Multi-User Virtual Environments", IEEE VRAIS '96, San Jose, CA, April 1996.
- [66] Funkhouser Th., "RING: A Client-Server System for Multi-User Virtual Environments", Computer Graphics (1995 SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics), Monterey, CA, April 1995, p. 85-92.
- [67] Blanchard C., Gurgess S., Harvill Y., Lanier J., Lasko A., Oberman M., Teotel M., "Reality for Two: A Virtual Reality Tool", ACM SIGGRAPH Special Issue on 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics, 1990, pp. 35-36.
- [68] Bricken W., Coco G., "The VEOSMproject", Technical Report", Human Interface Laboratory, University of Washington, 1993
- [69] Blau B., Hughes C., Moshell M., Lisle C., "Networked Virtual Environments", ACM SIGGRAPH Special Issue on 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics, 1992, pp. 157-164.
- [70] Calvin J., Dickens A., Gaines B., Metzger P., Miller D., Owen D., "The SIMNET Virtual World Architecture", proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, September 1993, pp. 450-455.

- [71] Kazman R., "Making WAVES: On the Design of Architectures for Low-end Distributed Virtual Environments", proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, September 1993, pp. 443-449.
- [72] Shaw C., Green M. "The MR Toolkit Peers Package Experiment", proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, September 1999, pp. 463-469.
- [73] Dillenbourg P., "Virtual Learning Environments, Learning in the new Millennium: Building new education strategies for schools", EUN Conference 2000 Workshop on Virtual Learning Environments
- [74] Dieberger A., "Social connotations of space in the Design for Virtual Communities and Social Navigation". In Munro, A., Höök K. & Benyon D. (Eds), Social Navigation of Information Space, pp. 35-54. Springer: London, 1999
- [75] Dourish P. & Chalmers M. "Running out of space: Models of Information Navigation", In Human Computer Interaction conference HCI 94, Glasgow, 1994
- [76] Munro A., Höök K. & Benyon D., "Footprints in the snow", In Munro, A., Höök K. & Benyon D. (Eds), Social Navigation of Information Space, pp. 1-14. Springer: London, 1999
- [77] Dourish P. "Where the footprints Lead: Tracking down Other Roles for Social Navigation", In Munro, A., Höök K. & Benyon D. (Eds), Social Navigation of Information Space, pp. 15-34. Springer: London, 1999
- [78] Dillenbourg P., Mendelsophn P., Jermann P., "Why spatial metaphors are relevant to virtual campuses". in Levonen, J. & Enkenberg, J. (Eds.). Learning and instruction in multiple contexts and settings. Bulletins of the Faculty of Education, 73. University of Joensuu, Finland, Faculty of Education. 1999
- [79] Peraya D., Piguët A., Joye F., "Rapport d'information sur les mondes virtuels. Rapport rédigé pour l' office fédéral de la formation professionnelle et le la technique", Berne, Suisse, 1999
- [80] Kusunoki F., "A System for Supporting Group Learning that Enhances Interactions", Tama Art University, Department of Information Design, <http://kn.cilt.org/csc199/A40/A40.HTM>
- [81] Roussos M., Johnson A., Moher T., Leigh J., Vasilakis C., and Barnes C., "Learning and Building Together in an Immersive Virtual World", In Presence vol 8, no 3, June, 1999, special issue on Virtual Environments and Learning; edited by William Winn and Michale J Moshell., MIT Press, pp. 247-263
- [82] Johnson A., Roussos M., Leigh J., Barnes C., Vasilakis C., Moher T., "The NICE Project: Learning Together in a Virtual World", In the proceedings of VRAIS '98, Atlanta, Georgia, March 14-18, 1998, pp.176-183. <http://www.ev1.uic.edu/tile/NICE/NICE/PAPERS/VRAIS/vrais98.2.html>
- [83] Roussos M., Johnson A., Leigh J., Vasilakis C., Barnes C., and Moher T. "NICE: Combining Constructionism, Narrative, and Collaboration in a Virtual Learning Environment", In Computer Graphics vol. 31 num. 3, August 1997, pp. 62-63 and presented at SIGGRAPH '97 Educators Program. <http://www.ev1.uic.edu/tile/NICE/NICE/PAPERS/SIGGRAPH97/S97nice.html>

- [84] Roussos M., Johnson A., Leigh J., Barnes C., Vasilakis C., and Moher T., "The NICE project: Narrative, Immersive, Constructionist/Collaborative Environments for Learning in Virtual Reality", in Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM 97, Calgary, Canada, June 1997, pp. 917-922. <http://www.ev1.uic.edu/tile/NICE/NICE/PAPERS/EDMEDIA/edmedia.html>
- [85] Roussos M., Johnson A., Leigh J., Vasilakis C., Moher T., "Constructing Collaborative Stories Within Virtual Learning Landscapes", In Proceedings of European conference on A.I. in Education, Lisbon, Portugal, Sep. 30 - Oct.2 1996, pp. 129-135. <http://www.ev1.uic.edu/tile/NICE/NICE/PAPERS/EUROAIED/aied.cover.html>
- [86] Slator, Juell B.M, McClean P.E., Saini-Eidukat B., Schwert D.P., White A.R., Hill C., "Virtual Environments for Education at NDSU", Outstanding Paper Award at the World Conference on Educational Media, Hypermedia and Telecommunications (ED-MEDIA 99), June 19-24, 1999, Seattle, WA, pp. 875-880.
- [87] Normand, V., Babski, C., Benford, S., Bullock, A., Carion, S., Farcet, N., Frecon, E., Harvey, J., Kuijpers, N., Magnenat-Thalmann, N., Raupp-Musse, S., Rodden, T., Slater, M., Smith, G., Steed, A., Thalmann, D., Tromp, J., Usuh, M., Van Liempd, G., Kladias, N. "The COVEN project: exploring applicative, technical and usage dimensions of collaborative virtual environments, Presence: teleoperators and virtual environments", MIT Press, Vol.8, No2, 1999, pp.218-236.
- [88] C. Bouras, A. Philopoulos, T. Tsiatsos, "A Networked Intelligent Distributed Virtual Training Environment: A First Approach", 5th Joint Conference on Information Sciences (JCIS'2000)-1st International Workshop on Intelligent Multimedia Computing and Networking, Taj Mahal, Atlantic City, New Jersey, USA, February 27-March 3, 2000.
- [89] C. Bouras, A. Philopoulos, T. Tsiatsos, "Intelligent Networked Distributed Virtual Training Environment: Aspects for Designing", submitted to Information Sciences Journal, 2000.
- [90] Bouras, T. Tsiatsos, "pLVE: SUITABLE NETWORK PROTOCOL SUPPORTING MULTI-USER VIRTUAL ENVIRONMENTS IN EDUCATION", submitted to ED-ICT 2000 conference.
- [91] C. Bouras, A. Philopoulos, T. Tsiatsos, "Using Multi-user Distributed Virtual Environments in Education", WebNet 2000 - San Antonio, Texas, October 31, 2000.
- [92] C. Bouras, D. Psaltoulis, C. Psaroudis, T. Tsiatsos, "Advanced Issues in the Design of a platform for Educational Virtual Environments", SoftCom 2001.
- [93] C. Bouras, C. Tegos, V. Triglianios, T. Tsiatsos. "X3D multi-user virtual environment platform for collaborative design". The 9th International Workshop on Multimedia Network Systems and Applications (MNSA 2007), Toronto, Canada, 25 – 29 June 2007.
- [94] C. Tsolakidis, S. Sotiriou, M. Orfanakis, P. Koulouris, A. Konstantinidi. "ZEUS Multigrade School Education". Workshop proceedings, Athens, Greece, 9 September 2004.

Διαδικτυακοί τόποι

- [95] Distributed Interactive Virtual Environment (DIVE): <http://www.sics.se/dive/>
- [96] Swedish Institute of Computer Science (SICS): <http://www.sics.se/>
- [97] NRSNET: <http://www.npsnet.org/>
- [98] Naval Postgraduate School (USA): <http://www.nps.navy.mil/>
- [99] MASSIVE: <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/systems/>,
- [100] MASSIVE I: <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/systems/MASSIVE>
- [101] MASSIVE II: <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/systems/MASSIVE-2>
- [102] MASSIVE III: <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/systems/MASSIVE-3>
- [103] Communications Research Group (CRG): <http://www.crg.computer-science.nottingham.ac.uk/>
- [104] SPLINE: <http://www.merl.com/projects/spline/index.html>
- [105] Java Sun Technology, <http://java.sun.com/>
- [106] Java 2 Platform, Standard Edition Product Family: <http://java.sun.com/jdk>.
- [107] Java Media Framework API: <http://java.sun.com/products/java-media/jmf>.
- [108] Java 3D 1.1 API: <http://java.sun.com/products/java-media/3D>
- [109] VRML Living Worlds Web site: <http://www.vrml.org/WorkingGroups/living-worlds>
- [110] Web 3D Consortium, <http://www.vrml.org/>
- [111] Web3d Task & Working Groups: http://www.vrml.org/fs_workinggroups.htm
- [112] Web3d Extensible 3D (X3D) Task Group: <http://www.vrml.org/x3d.html>
- [113] VRTP Working Group Web site: <http://www.vrml.org/WorkingGroups/vrtp>
- [114] VRML EAI Web site: <http://www.vrml.org/WorkingGroups/vrml-eai>
- [115] Parallel Graphics: <http://www.parallelgraphics.com>
- [116] ZEUS Multi-grade School Education:
http://www.dias.ea.gr/outcomes/ZEUS_workshop_proceedings_en.pdf

Δημοσιεύσεις

- [117] C. Bouras, C. Tegos, V. Triglianos, T. Tsiatsos. “X3D multi-user virtual environment platform for collaborative design”. The 9th International Workshop on Multimedia Network Systems and Applications (MNSA 2007), Toronto, Canada, 25 – 29 June 2007